



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JOUNI HÄMÄLÄINEN
VALMISTUKSESSA SYNTYVÄN MITTAUSTIEDON KERÄÄMINEN
JA HYÖDYNTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastajat: professori Kari T.
Koskinen ja TkT Minna Lanz

Tarkastajat ja aihe hyväksytty Kone-
ja tuotantotekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
4. helmikuuta 2015

TIIVISTELMÄ

JOUNI HÄMÄLÄINEN: Valmistuksessa syntyvän mittaustiedon kerääminen ja hyödyntäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 58 sivua, 4 liitesivua

Toukokuu 2015

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastajat: professori Kari T. Koskinen ja TkT Minna Lanz

Avainsanat: mittatieto, tiedon keräys, toiminnan kehitys

Tuotannon valmistus- ja tarkastusvaiheista on mahdollista kirjata mittatietoja kappaleista suoraan sähköiseen muotoon. Nykyisen toimintamallin ongelmana Takomalla on, että kerättyjä mittatietoja käsitellään monta kertaa, ennen kuin ne tallennetaan sähköiseen muotoon. Työni tavoitteena oli selvittää, mitä mittaustuloksia on hyödyllisintä kerätä ja miten kerääminen kannattaisi suorittaa sekä miten mittaustuloksista saadaan muodostettua tarvittavia dokumentteja.

Nykytilakartoituksen avulla selvitettiin yrityksen toimintatavat mittaustiedon hallinnassa ja dokumenttien luomisessa. Sen jälkeen on luotu kaksi erilaista ratkaisumallia siitä, miten työn tavoitteet voidaan saavuttaa. Toteutettavaksi valitun ratkaisumallin avulla mittaustietoa hallitaan toiminnanohjausjärjestelmällä ja mittatarkastusdokumenttien luonti onnistuu suoraan järjestelmästä.

Työssäni esitän myös ehdotukset mittojen kirjausvaiheiksi ja näkökulmia muiden mittojen keräysperiaatteiksi. Toiminnanohjausjärjestelmässä oleva tietokanta mahdollistaa toiminnan seurannan pienemmällä työn määrällä. Koordinaattimittauskoneella suoritettavaa mittausta kannattaisi lisätä ja hyödyntää tiedon siirto-ominaisuuksia sekä selvittää hiontakoneiden mittaustuloksien saaminen suoraan sähköiseen muotoon. Yrityksessä pitäisi miettiä vaihtoehtoja dokumenttien hallintaan niin, että niiden käsitteleminen olisi pääasiassa sähköistä ja niiden löytäminen helppoa ja arkistointi hallittua.

ABSTRACT

JOUNI HÄMÄLÄINEN: Collecting and utilizing the measurement data resulting from the manufacturing process

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 58 pages, 4 Appendix pages

May 2015

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Production Engineering

Examiners: Professor Kari T. Koskinen and Associate Professor Minna Lanz

Keywords: measurement data, data collection, working improvement

During the manufacturing process, it is possible to register measurement data of objects directly into electronic format from the production and inspection stages. The current situation in *Takoma* is that the collected measurement data has been handled many times before it is saved in electronic format. The objective of my thesis was to find out which measurement results are useful to collect, how the collecting should be carried out and how the results of the measurement could be turned into the necessary documents.

Takoma's current methods for data management and documentation were described in the current state mapping. Then two different models for the improvement of the action were created. In the solution model measurement data is managed by the ERP system and the dimensional inspection documentation is available in the system. The database of the ERP system enables the operation of monitoring with a smaller amount to work.

Other proposals and perspectives on data management and measurements are also expressed described in the thesis. The use of the coordinate-measuring machine should be more intensive and include the invocation of the transfer possibilities of data. The measurement results produced by the grinding machines should be available in an electronic format as well. The company should also consider the options for the document management so that the processing of the documents would be mainly electronic and the documents would be easy to find and archive.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Parkanossa toimivalle Takoma Gears Oy:lle, joka on hammastettujen voimansiirtokomponenttien alihankintatoimittaja.

Kiitän kaikkia työni tarkastajia ja ohjaajaa hyvistä neuvoista. TTY:llä työn tarkastajina toimivat TkT Minna Lanz ja professori Kari Koskinen, Takomalla ohjaajana toimi tuotantopäällikkö Juha Törmä. Kiitän myös muita minua Takomalla työssä auttaneita henkilöitä, erityisesti Pasi Kangasniemeä sekä työn tekemisen mahdollisuudesta eläkkeelle siirtyvää paikallisjohtajana toiminutta Raimo Holmaa.

Kiitos myös perheelleni tuesta ja ymmärryksestä.

Tampereella, 04.05.2015

Jouni Hämäläinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajausta	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Työn rakenne	3
2.	TUOTANTOYMPÄRISTÖ	4
2.1	Toimintatapa	4
2.2	Myynti	5
2.3	Tuotanto	6
3.	LAADUN- JA TIEDONHALLINTA	7
3.1	Laadunhallinta	9
3.2	Tarkastustoiminta	14
3.3	Tiedonhallinta	16
3.3.1	Suunnittelu	17
3.3.2	Hallinta ilman erillistä tietovarastoa	19
3.3.3	Hallinta erillisen tietovaraston avulla	20
3.3.4	Tiedon analysointi	21
3.3.5	Tiedon kerääminen	22
3.3.6	Dokumenttien hallinta	24
3.4	Toiminnan seuranta	24
3.4.1	Kunnossapito	24
3.4.2	Tilastollinen valvonta	26
4.	NYKYTILAKARTOITUS JA HAVAINNOT	29
4.1	Tuotanto	30
4.2	Koneistuskeskukset ja hiontakoneet	32
4.3	Koordinaattikone	33
4.4	Tarkastuspiste	33
4.5	Dokumenttien käsittely	34
4.6	Luokitus	35
4.7	Toiminnanohjausjärjestelmän toiminta	36
5.	EHDOTUKSET JA KEHITYSTOIMET	38
5.1	Mittatiedon kerääminen	39
5.2	Mittatiedon hyödyntäminen	41
5.3	Toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen	42
5.4	Ratkaisuehdotukset mittatiedon hallintaan	43
5.4.1	Ratkaisumalli 1 ja sen hyödyntäminen	45
5.4.2	Ratkaisumalli 2 ja sen hyödyntäminen	45
5.4.3	Yhteenveto ratkaisumalleista	46
5.5	Mittatietojen kirjausvaiheet	50

5.6	Ehdotus 1: Uudet mittojen kirjausvaiheet tuoteryhmittäin	50
5.6.1	Hammaspyörät ja hammaskehät	51
5.6.2	Hammasakselit	52
5.6.3	Hammaskytkimet	53
5.6.4	Kääntökehät, irrotuskytkimet, sakarakytkimet ja välilaipat.....	54
5.7	Ehdotus 2: Muita mahdollisia mittaus- ja kirjauskohtia.....	54
5.8	Ratkaisumallin toteutus	55
5.9	Jatkokehitys	55
6.	YHTEENVETO.....	57
	LÄHTEET	59

LIITE 1: TARKASTUSPÖYTÄKIRJAN MALLI

LIITE 2: HAMMASAKSELIEN TUOTANTOVAIHEET

LIITE 3: HAMMASKYTKIMIEN TUOTANTOVAIHEET

LIITE 4: KÄÄNTÖKEHIEN, KYTKIMIEN JA LAIPPOJEN TUOTANTOVAIHEET

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ATK	Automaattinen tietojenkäsittely
BI	Liiketoimintatiedon hallinta (Business intelligence, BI)
CNC	Tietokoneella ja muistilla varustettu numero-ohjattava työstökone, (computerized numerical control)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise resource planning)
ICT	Informaatioteknologia (Information and communication technology)
KMK	Koordinaattimittauskone
Lean	Ajattelutapa tuotantotoiminnan kokonaisvaltaiselle johtamiselle
Lean System	Tieto Oyj:n kehittämä toiminnanohjausjärjestelmätuote, rekisteröity tavaramerkki
MT	Magneettijauhetarkastus (Magnetic particle testing)
NDT	Ainetta rikkomaton tarkastus (Non-Destructive testing)
PDCA	Jatkuvan parantamisen malli (Plan, Do, Check, Act)
PDF	Siirrettävä tiedostomuoto (Portable Document Format)
PDM	Tuotetiedonhallinta (Product Data Management)
SPC	Tilastollinen prosessin valvonta (Statistical Process Control)
TG	Takoma Gears Oy

1. JOHDANTO

Tuotantotoiminnan jatkuva kehittäminen on nykypäivänä välttämättömyys metalliteollisuudessa. Yritysten on pysyttävä kilpailussa mukana ja pystyttävä vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin. Suomessa toimivat koneistusyritykset eivät useinkaan pärjää pelkästään hintakilpailulla, koska globaalit markkinat mahdollistavat tuotteiden hankinnan maailmalta. Osaaminen, toimitusvarmuus, laatu, asiakastarpeiden ymmärtäminen ja asiakkuuksien hoitaminen varmistavat Suomessa toimivien yritysten toimintaedellytykset ja mahdollisuuden pärjätä kansainvälisessä kilpailussa.

1.1 Työn tausta

Tietoa kerätään ja varastoidaan Takoma Gears Oy:llä (TG) asiakkaiden, oman laadunvarmistuksen ja eri toimintojen tarpeisiin. Mittatietoa kerätään pääasiassa tuotteiden tarkastuksen yhteydessä. TG:n valmistusmenetelmät ovat pääasiallisesti lastuavaa työstöä erilaisilla tuotantomenetelmillä. TG:llä koneistetaan paljon erilaisia kappaleita kuten hammaskehiä ja -pyöriä sekä akseleita ja niiden hammastuksia. Tuotannon aikana kappaleita joudutaan mittaamaan monissa vaiheissa. Esimerkiksi eri tuotantovaiheissa koneistajat tekevät kappaleille mittaamalla välitarkastuksia tai lopullisten mittojen todentamisia. Useimmiten tuotannon aikana näitä mittatuloksia ei tallenneta mihinkään, vaan ne jäävät ainoastaan koneistajan tiedoksi. Näin toimimalla varmistetaan vain kappaleiden työstetyn vaiheen mitat ja lupa edetä seuraavaan vaiheeseen tuotannossa.

Hammastetut kohdat mitataan koneellisesti koordinaattimittauskoneella hammastuksen työstövaiheiden jälkeen tai hammastuksen hiontakoneella. Jos hammastuksia pitää ensiksi hioa, esimerkiksi laatuvaatimusten saavuttamiseksi, mittaus suoritetaan hiontakoneen mittalaitteella. Koordinaattimittauskoneella kappaleista voidaan tietysti mitata paljon erilaisia mittoja. TG:llä koordinaattimittauskoneita on käytetty kuitenkin pääasiassa erilaisten hammastusten mittaamiseen.

Tuotantovaiheiden jälkeen kaikki tuotannon kappaleet tarkastetaan joiltakin osin vielä tarkastuspisteessä ennen niiden lopullista hyväksymistä. Tarkastuspisteessä tarkastusvaiheisiin kuuluu erilaisia käsin suoritettavia mittauksia sekä erillisenä osana kappaleiden hammastettujen alueiden tarkastus ainetta rikkomattomalla menetelmällä (non-destructive testing, NDT). NDT-tarkastuksessa käytetään fluoresoivaa magneettijauhemenetelmää (magnetic particle testing, MT), jonka avulla voidaan havaita kappaleessa mahdollisesti olevia pintasäröjä. Tarkastuspisteessä on siis sellaisia kappaleita, joita on jo aikaisemmin mittatarkastettu viimeisen valmistusvaiheen jälkeen.

Näistä mittaustuloksista ei tarkastuspisteessä ole tietoa, koska tuloksia ei ole välttämättä dokumentoitu, tai tiedot eivät ole välittyneet mitenkään tarkastuspisteelle. Kappaleille on aikaisemmin voitu tehdä myös sellaisia mittauksia, joita ei voida suorittaa luotettavasti käsimittalaitteilla. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi hammastuksen kylkisuoruudet ja profiilin muodot. Tarkastuspisteessä toimintatapana on ollut, että siellä suoritetaan vain tarkastuspöytäkirjoissa vaaditut mittatarkastukset.

Mittauksista syntyvien dokumenttien käsittely vaatii paljon aikaa, koska usein mitat on kirjattu paperilomakkeille. Näiden tietojen siirtäminen sähköiseen muotoon mittapöytäkirjoihin vaatii nykymuodossaan paljon käsityötä tietokoneella. Asiakasvaateet ohjaavat myös sitä, millaisia loppudokumentteja tarvitaan. Näiden vaateiden mukaisten dokumenttien tuottaminen ja niihin liittyvien selvitysten tekeminen vaatii aina paljon aikaa.

Omien tarkastus- ja hyväksyntämenettelyiden lisäksi TG:llä on huomioitava myös ulkopuolisen luokituslaitoksen vaatimukset. Yhä suurempaan osaan tuotteista täytyy saada luokittajan hyväksyntä, ja se on otettava huomioon jo myyntivaiheessa. Kappaleiden luokituksista aiheutuvat vaatimukset täytyy huomioida materiaalihankinnoissa, ja nämä vaatimukset lisäävät työmäärää erityisesti tarkastus- ja dokumentointitoiminnoissa.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena on selvittää, mitä ja miten mittaustuloksia on hyödyllisintä kerätä tuotannon eri valmistus- ja tarkastusvaiheissa. Lisäksi tavoitteena on selvittää, miten keräystä aineistosta saadaan muodostettua asiakastarpeiden mukaiset asiakirjat yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää hyödyntämällä. Tavoitteena on myös saada vähennettyä päällekkäistä toimintaa mittauksen suorittamisesta ja hyödynnettyä sähköisiä laitteita mittausvaiheessa mittaustietojen kirjaamiseksi. Tarkastustietojen hallinta ja asiakasdokumentaation tuottaminen halutaan saada käyttäjille helpommin toteutettavaksi ja vähemmän aikaa vieväksi. Työssä keskitytään kappaleiden valmiiden kohtien mittatulosten keräämiseen ja varastointiin. Työssä ei käsitellä sitä, millä tavalla kappaleille pitäisi suorittaa erilaisia mittauksia eikä varsinaista mittauksen suoritusta.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Nykyisten tuotannon toimintatapojen ja käytössä olevien menetelmien selvittämiseksi on seurattu tuotannon vaiheita kolmen kuukauden ajan. Sinä aikana on myös haastateltu henkilöitä, jotka työskentelevät yrityksen johdossa ja tuotanto- ja tarkastustoiminnoissa. Yrityksen toimintatapoihin on myös tutustuttu lukemalla toiminnasta kertovaa materiaalia, kuten toimintaohjeita ja erilaisia pöytäkirjoja.

1.4 Työn rakenne

Tämä työ koostuu teoriaosasta ja soveltavasta osasta.

Aluksi työssä kuvataan aiheeseen liittyvää teoriaa. Ensimmäisenä käsitellään laadunhallinnan ja tarkastustoiminnan mahdollisuuksia tuotannossa. Toisena alueena käsitellään tiedonhallintaan liittyviä suunnittelu- ja toteutustapoja sekä mahdollisuuksia tiedon keräämiseksi ja dokumenttien hallinnaksi. Kolmanneksi käsitellään erilaisia tapoja toiminnan seurantaan ja niiden toimintaperiaatteita.

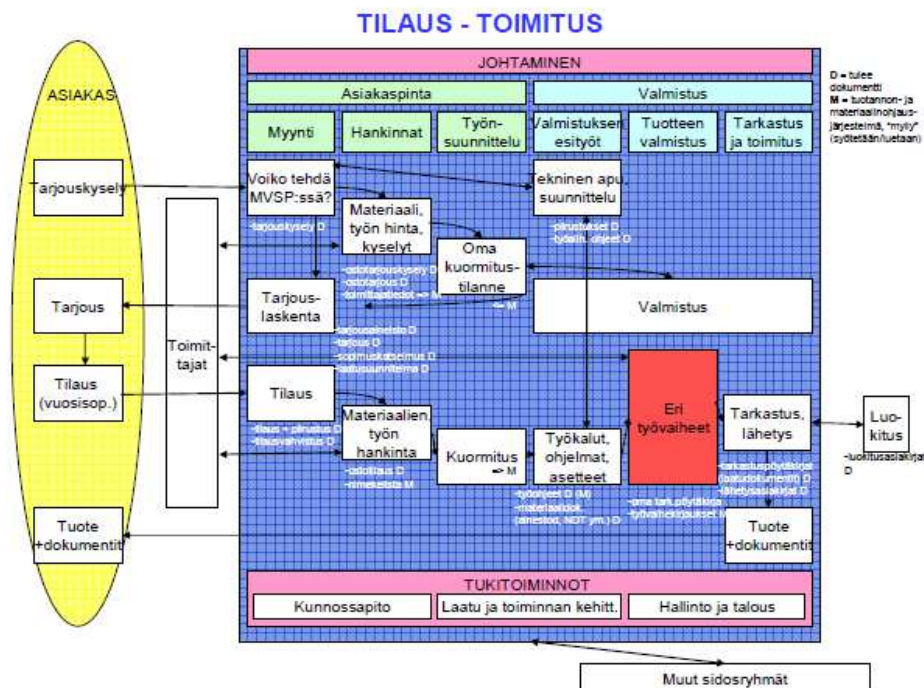
Soveltavassa osassa, joka alkaa luvusta neljä, esitellään nykymuotoinen ja uusi toimintatapa sekä muodostetaan työstä yhteenveto. Siinä myös esitetään kaksi ratkaisuvaihtoehtoa uudeksi toimintamalliksi ja valitaan toteutettava toimintamalli.

2. TUOTANTOYMPÄRISTÖ

Takoma Gears Oy toimii Parkanossa, ja sen palveluksessa on tällä hetkellä 93 henkilöä. Yrityksen asiakkaat toimivat pääasiassa globaalisti. Yritys valmistaa vaativia voimansiirtokomponentteja asiakkaiden suunnitelmien ja piirustuksien mukaisesti. Hammastettavat komponentit, kuten hammaskehät, -kytkimet, -akselit ja -pyörät ovat suurimmat valmistettavat tuoteryhmät. Takoma Gears Oy:llä on haluttu panostaa laatuajatteluun ja jatkuvaan kehittämiseen ja kehittymiseen sekä työturvallisuus- ja ympäristöasioihin. Siitä osoituksena TG:llä on DNV BA-akkreditointilaitoksen myöntämät seuraavat sertifikaatit: standardin ISO 9001:2008 mukainen laadunhallinnan sertifikaatti, standardin OHSAS 18001:2007 mukainen työterveys- ja työturvallisuusjohtamisjärjestelmä sertifikaatti ja Iso 14001:2007 mukainen ympäristöjohtamisen sertifikaatti.

2.1 Toimintatapa

TG:llä on käytössä tilaus-toimitus -prosessimalli, jossa on kuvattuna erillisinä kokonaisuuksina asiakaspinta ja valmistusosa-alueet. Kuvassa yksi on esitettynä tilaus-toimitus prosessimalli.



Kuva 1. Tilaus-toimitus prosessimalli (Toimintajärjestelmän kuvaus 2013, s. 10)

Työn suunnittelu ja töihin liittyvät hankinnat ovat tuotantotoiminnan kannalta tärkeimpiä alueita asiakasrajapinnassa. Kun nämä osa-alueet ovat kunnossa, niin valmistuksen aloittaminen on mahdollista. Valmistus on jaettu kolmeen tärkeään osa-alueeseen. Niitä ovat valmistukseen liittyvät esityöt, kappaleiden valmistus eri tuotantomenetelmillä sekä tarkastus- ja toimitusosio.

Toiminnan hallinnointiin TG:llä on käytössä toiminnanohjausjärjestelmänä (Enterprise resource planning, ERP) Lean System, joka on Tiedon kehittämä. Sillä käsitellään esimerkiksi myyntitilaukset, tuotannon kuormittaminen ja valmiiden tuotteiden lähetys asiakkaalle.

Asiakkaiden kanssa toimintatapana on ollut tuotteiden valmistuksen aloittaminen saadun tilauksen mukaisesti tai kappaleiden valmistaminen varastoon asiakkailta saadun impulssin mukaan. Osa varastoon valmistettavista kappaleista on yleensä jo myyty asiakkaalle. Tilaukset ovat tuotannonohjausjärjestelmän kannalta hieman erilaisia. ERP-järjestelmässä niitä käsitellään tilausohjautuvina tai varasto-ohjautuvina töinä.

Asiakkaiden tilaukset ovat suuruudeltaan yleensä yhdestä kappaleesta muutamaan kymmeneen kappaleeseen tilausta kohden. Yleensä valmistetaan pieni erä yhdelle työnumerolle. Tuotteiden valmistusvaiheiden seuranta sekä mahdollinen tarve yksilöidä valmistettavat kappaleet toteutetaan Lean System -järjestelmässä niin, että tuotantokappaleet yksilöidään omilla sarjanumeroilla. Kaikkien valmistusvaiheiden jälkeen Lean System -järjestelmässä työt on vielä erikseen kuitattava valmiiksi, ennen kuin ne siirtyvät ohjelmassa varastokirjanpidon puolelle.

Pienenä ohjelmistollisena puutteena Lean System -järjestelmässä voi työlle kuitata osavalmistuksen, minkä yhteydessä käyttäjä ei kuitenkaan voi suoraan valita, mitkä sarjanumerot työltä valmistuvat. Ohjelma valitsee syötetyn toteutuneen valmistusmäärätiedon mukaisesti pienimmästä sarjanumerosta alkaen sarjasta valitun määrän. Ohjelmiston puute on osittain vaikeuttanut yrityksen toimintaa, koska sen on pitänyt ratkaista, miten tuotannossa poikkeavissa tapauksissa toimitaan. Poikkeava tapaus on ollut esimerkiksi tilanne, jossa sarjan muuhun kuin ensimmäiseen kappaleeseen onkin tehty korjaavia toimenpiteitä niin, että se on saatu hyväksytyksi. Tällöin se ei välttämättä ole valmistunut tuotannosta muiden sarjan kappaleiden kanssa samassa aikataulussa.

2.2 Myynti

Myynnin toiminta on kuvattu TG:llä toimintajärjestelmässä asiakaspintaprosessin osana. Asiakaspintaprosessin osa-alueisiin kuuluvat myynti, erilaiset hankinnat ja työn suunnittelu. Käytännössä asiakaspintaprosessin osa-alueet kuuluvat myyntitoimintojen henkilöstölle. Myyntitoiminta sisältää tarjouksien ja sopimusten tekemisen sekä niihin liittyviä kaupallisia neuvotteluja ja asiakassuhteiden ylläpitoa. Myyjät myös tilaavat

työhön tarvittavat materiaalit ja mahdolliset tuotannolliset alihankinnat. Materiaalit tilataan pääasiassa työkohtaisesti.

Materiaalitoimittajat toimittavat materiaalit määrämittäiseksi tehtyinä aihioina, valukappaleina tai muotoon taottuina ja valssattuina renkaina. Kappaleissa on erilaisia tunnistetietoja stanssattuina tai valussa olevina merkintöinä. Myyntiosaston työntekijät tekevät Lean Systemiin myös työtilaukset ja tuotannon kuormittamiset. Työtilauksiin liittyvät myös eri työvaiheistukset sekä kappaleille määriteltävät yksilöidyt sarjanumerotiedot tarpeen mukaan ja lisäksi mahdolliset työohjeet.

2.3 Tuotanto

Yrityksellä on käytössä monenlaisia tuotantomenetelmiä ja vaihteita. Niitä ovat sorvaus, jyrsintä, hammastusten tekeminen vierintäpisto- ja vierintäjyrsintämenetelmillä, induktiokarkaisu ja päästö, poraus, erilaiset hionnat ja laakerikasausta. Lisäksi tuotantotoimintaan liittyy vahvasti tuotteiden mittaus- ja tarkastustoiminta, dokumenttien hallinta ja luokituslaitosten hyväksyntämenettely koneistetuille tuotteille.

Tuotantotilojen työpisteillä on käytössä verkkoyhteydellä varustettuja tietokoneita. Tuotantohenkilöstö seuraa Lean System -järjestelmästä työvaiheen työjonolistoja ja tekee sillä henkilökohtaiset tuntikirjaukset. Järjestelmään kuitataan myös tehdyn työn vaihe valmiiksi.

Tietokoneilla haetaan verkon kautta työstökoneille CNC-ohjelmia. Hammastuskoneilla tietokonetta ja ohjelmistoja hyödynnetään niissä tarvittaviin laskentatoimintoihin ja erilaisien muunto-ohjelmien käyttämiseen. Koordinaattimittauskoneella ja työstökeskuksilla, joissa tehdään koneessa olevalla erillisellä mittapäällä mittauksia, tietokonetta hyödynnetään mittaustiedon tallentamiseen verkkolevyille.

Jokaisella TG:n työntekijällä on mahdollisuus sähköpostin käyttämiseen, ja sähköpostia hyödynnetäänkin yrityksen sisäisessä tiedottamisessa ilmoitustaulun lisänä.

3. LAADUN- JA TIEDONHALLINTA

Laadunhallinta ja varmistus vaikuttavat merkittävästi yrityksen menestymiseen. Kun yritys pystyy valmistamaan tuotteet kerralla oikein, se saavuttaa kustannussäästöjä, koska tuotteita ei jouduta korjaamaan. Yrityksen toiminnot edellyttävät myös tiedon hallintaa. Niissä yrityksissä, joissa pystytään toteuttamaan tiedonhallinta suunnitellusti ja kustannustehokkaasti, voidaan alentaa kustannuksia, koska oikean tiedon hakemiseen kuluu vähemmän henkilöstön työaikaa.

Hintakilpailusta selviämiseksi yrityksen on toimittava tehokkaammin tai hyväksyttävä pienemmät katteet ja niiden tuomat kannattavuusongelmat. Yleensä tehokkuutta on yrityksissä yritetty parantaa vähentämällä henkilöstöä, leikkaamalla kuluja, myymällä omaisuutta ja keskittymällä ydintoimintoihin. Usein tällaisesta tehokkuutta parantavasta toiminnasta on kuitenkin tullut jatkuva tapa. (Stähle & Grönroos 1999, s. 51 - 53)

Yrityksissä käytetään paljon aikaa virheiden havaitsemiseen ja niiden korjaamiseen. Crosby'n mielestä laatu on kuitenkin ilmaista, jos virheiden syntyminen voidaan ehkäistä, eli tehdä asiat ensimmäisellä kerralla oikein. (Crosby 1986, s. 1 - 4)

Vuoden 1950 keväällä japanilainen insinööri Eiji Toyoda oli toista kertaa vierailemassa Fordin tehtaalla Detroitissa, Yhdysvalloissa. Omaan yritykseensä palattuaan hänellä oli ajatuksena kehittää siellä valmistusjärjestelmää vierailunsa aikana saamiensa kokemusten pohjalta. Valmistusjärjestelmän kopiointi ja sen kehittäminen on kovaa työtä, ja Eiji Toyoda ja hänen työparinsa Taiichi Ohno ymmärsivät nopeasti, että massatuotantomenetelmät eivät koskaan toimisi japanilaisessa teollisuuskulttuurissa. Tämän ymmärtämisen ja kokeilujen jälkeen syntyi Toyota Production System ja lopulta lean tuotanto. (Womack *et al.* 1990, p. 48 - 49)

Yhä vielä kilpailu aiheuttaa yrityksille muutostarpeita, jotka on pystyttävä ottamaan nopeasti huomioon niiden toiminnassa. Tämä edellyttää osaamisen kehittämistä seuraavilla alueilla:

- *asiakkaan oikean tarpeen tunnistaminen;*
- *kilpailutason tunnistaminen;*
- *tuoteperheen ja tuoterakenteen määrittely;*
- *edullisen tuoterakenteen kehittämisen taito;*
- *tuotekehityksen läpiviennin nopeuttaminen.*

Pärjätäkseen kilpailussa yrityksen on pystyttävä koko olemassaolonsa ajan kehittämään ja hyödyntämään näitä osa-alueita. (Tuominen & Lahti 2010, s. 12)

Esimerkkiyrityksessä muutettiin käytäntöjä niin, että osana tuotteen laadunvarmistamista sen tarkastaminen määriteltiin valmistusvaiheessa tehtäväksi. Samalla vastuu tuotteen laadusta annettiin työnjohdolle ja tuotetta valmistavalle vaiheelle. Ideana toiminnassa oli, että jokainen työntekijä tarkastaa oman työnsä. Työntekijät saivat tarkastusohjeet ja välineistön siihen. Tällaisella toiminnalla voitiin luopua erillisestä kappaleiden tarkastustoiminnasta. Kokoonpanossa erillisten tarkastuskorttien avulla saatiin kerättyä kappaleiden mahdollisista virheistä palaute, joka toimi myös yhtenä laatumittarina. Kokoonpanossa havaituista virheistä tehtiin korjaustoimenpiteet virheiden poistamiseksi ja niiden ehkäisemiseksi jatkossa. (Tuominen 2010, s. 70 - 71)

Tuotteiden laadun hallitsemiseksi yrityksen pitää hallita tuotantoprosessien laaduntuottokyky ja prosessien toimivuus. Eri tuotantovaiheista voidaan saada monenlaista tietoa kerättyä erilaisilla tavoilla ja kerättyä tietoa voidaan hyödyntää yrityksissä monella eri tavalla. Hyödyntämällä tietoa suunnitelmallisesti voidaan saavuttaa asetetut laatuavoitteet ja myös ylläpitää saavutettu laatuaso. Kerätyn tiedon avulla voidaan edelleen seurata ja kehittää yrityksen tuotantotoiminnan prosesseja ja prosesseissa valmistettujen tuotteiden laatua.

Asiakas tilaa tuotteen tai palvelun ja maksaa sille saamastaan lisäarvosta. Jos tuotantoa voidaan tehostaa, asiakasta pystytään palvelemaan paremmin ja toimittamaan tilaukset aikaisemmin. Kappaleiden tuotannon tehostaminen vähentää toimenpiteiden kustannuksia, kun eri toimintoihin liittyviä aikoja saadaan pienennettyä. Tämän seurauksena voidaan tuottaa enemmän ja saada liikevaihtoa kasvatettua. (Heir *et al.* 2000, s. 96 - 97)

Pelkästään teknologisesta kehityksestä johtuen datan määrä kasvaa yrityksissä koko ajan kiihtyvällä vauhdilla. Datan analysointi ja sen hyödyntäminen liiketoiminnassa mahdollistaa yritykselle tiedon tuoman lisäarvon kilpailijoihin nähden. Sen hallinta on haasteellista ja vaatii monenlaisia ratkaisuja. Näistä muodostuvaa kokonaisuutta Salo (2013) kuvaa kirjassaan *Big data*. (Salo 2013, s. 10 - 12)

Yritys voi parantaa kilpailukykyään sisäisen ja ulkoisen verkottumisen avulla, jossa hyödynnetään uudenlaisia välineitä ja menetelmiä. Sisäinen verkottuminen tarkoittaa yhteistyön ja tiedonkulun lisäämistä henkilöstön välillä. Ulkoisella verkottumisella tarkoitetaan parempaa vuorovaikutusta yrityksen eri sidosryhmien välillä. Verkottumisessa muutetaan toimintatapoja ja otetaan käyttöön sosiaalisen median tarjoamia mahdollisuuksia esimerkiksi hyödyntämällä erilaisia työvälineitä internetissä. (Ojala & Pöysti 2012, s. 32 – 33, 35 - 36)

Ns. jäävuorimallia (DeFeo 2001) voi hyödyntää huonosta laadusta aiheutuvien kustannusten määrittelyssä. Sen avulla voi löytää erityisesti piilossa olevia kustannuksia. Perinteisesti organisaatiot ovat löytäneet jäävuoren huipulla esitettyjä suhteellisen helposti määriteltäviä laatukustannuksia. Nämä edustavat kuitenkin vain pienehköä osaa kaikista huonosta laadusta aiheutuvista kustannuksista. Jäävuoren näkymättömän osan, siis ”pinnan” alapuolisten kustannusten osuus, on se alue, mihin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. (DeFeo 2001, p. 29 - 32)

Yhtenä kilpailutekijänä yritysten välillä voidaan pitää kustannusten hallintaa. Kuitenkin kustannukset voidaan monessa yrityksessä käsitellä suurempana kokonaisuutena. Jos yrityksessä ei ole tehty määrittelyä siitä, mitä kaikkea laatukustannukset sisältävät, niin on kustannusten tarkempi hallinta ja ymmärtäminen silloin aika hankalaa. Tässä tapauksessa yrityksen johdon päätöksenteko perustuu hyvin pitkälle arvioihin eikä todellisuuteen.

Laatujohtamisen pioneereja ovat japanilaiset, jotka alkoivat kehittää sitä toisen maailmansodan jälkeen. Ajatuksena siinä on yrityskulttuurin luominen erilaisten tekniikoiden ja periaatteiden avulla. Periaatteena voidaan pitää asiakkaan tarpeiden toteuttamista toimintatapoja muuttamalla. Prosessikeskeisessä ajattelussa laatu on sisällä eri tuotantoprosesseissa ja jokainen työntekijä toimii myös laadunvalvojana. Toimintaa seurataan erilaisia mittareita hyödyntämällä ja tulokset esitetään helposti ymmärrettävässä muodossa. Yritys voi menestyä esimerkiksi laadun, toimitusaikojen ja hinnan avulla. (Silén 2006, s. 54 - 56)

Laatujohtamista ja sen soveltamista on pidetty vaikeana toteuttaa, koska sen mukaisesti toimiminen vaatii paljon resursseja koko organisaatiolta. Laatujohtaminen on voinut myös aiheuttaa erilaisia vastakkain asetteluja eri toimintojen kesken, eikä siitä ole ollut saatavissa nopeasti ulosmitattua tuottoa riittävästi. Joidenkin yritysten kohdalla laatujohtamismallin käyttöönottamisessa on myös epäonnistuttu, ja niissä on jouduttu ainakin osittain luopumaan siitä. Tähän on ollut mm. seuraavia syitä:

- organisaatiokulttuurin rakentamisessa laatukskeiseksi on epäonnistuttu;
- yrityksen johto ei ole sitoutunut laatujohtamiseen;
- mallin hallintaa ja toteutusta sekä toimenpiteistä ja muutoksista aiheutuvia kuluja ei ole ymmärretty.

Edellä lueteltujen syiden takia joidenkin yritysten kilpailukyky on huonontunut niin paljon, että koko yritystoiminta on loppunut. (Lumijärvi & Jylhäsaari 1999, s. 26 - 27)

3.1 Laadunhallinta

Yritysten pitäisi tavoitella laadunhallinnan avulla virheetöntä valmistusta. Sen avulla pitää voida löytää virheelliset tuotteet ja ymmärtää niiden aiheuttajat ja pystyä

poistamaan ne. Näin voidaan saavuttaa valmistus, jossa laatu on rakennettu osaksi prosesseja. Tämä on yrityksen kilpailukyvyn kannalta erittäin tärkeää ja alentaa tuotteen valmistuskustannuksia. Kun tuotteet voidaan valmistaa kerralla riittävän laadukkaasti ja asiakastarpeet täyttävinä, niitä ei tarvitse korjailla eikä lisäkustannuksia pääse syntymään.

Organisaatiot pyrkivät globaalissa maailmassa saamaan itselle etua kilpailijoihinsa nähden. Etua voi saada mm. hinnalla, ymmärtämällä asiakkaan tarpeita ja käsittämällä laatutason merkityksen kilpailussa. (Juran & Gryna 1993, p. 240)

Nykypäivänä laatu mielletään yrityksen kokonaisvaltaisena toimintana, jonka tarkoituksena on mahdollistaa yrityksen kilpailukyky ja asiakastarpeiden toteutuminen. Laatujohtamisen (Total Quality Management, TQM) periaatteita noudattavassa yrityksessä henkilökunta huomioi laadun kaikessa tekemisessään, eikä se ole vain joidenkin toimijoiden vastuulla. (Silén 2006, s. 40 - 45)

Jokaisen yrityksen ja organisaation on kuitenkin itse löydettävä paras toimintamalli, koska valmista rakennetta tai ohjelmaa laatukulttuurin rakentamiseksi ei ole olemassa. (Silén 1998, s. 47) Yrityksissä laatujohtamista toteuttavat ihmiset ja silloin kaikkien henkilöiden on ymmärrettävä laadun käsite yksiselitteisesti eikä tehdä siitä virheellisiä oletuksia, jotka lisäävät *viestintäongelmia* henkilöstön välillä. Laatujohtamisen avulla luodaan toimintatavat ja mallit ennalta ehkäisevään toimintaan. (Crosby 1986, s. 17 – 19, 24)

Yrityksissä on käytössä erilaisia organisaatorakenteita tai niiden yhdistelmiä. Kaikissa rakenteissa on hyviä ja huonoja puolia, jotka vaikuttavat johtamiseen ja organisaation toimintatapoihin sekä ohjattavuuteen. Strategisen johtamisen avulla pyritään luomaan kilpailuetua, jota voidaan saada yrityksen ympäristöä ja organisaation toimintaa analysoimalla. (Peltonen 2007, s. 41- 43, 65 - 66)

Sertifioitujen laatujärjestelmien avulla yritykset ovat pyrkineet toteuttamaan laatujohtamista ja varmistamaan tuotteiden laatua. Silénin (2006) mukaan ISO 9000 -standardin sertifiointilla ei voi kehittää tehokkaasti yrityksen kilpailukykyä eikä laatua. Standardeissa esitettyjä ratkaisuja hyödyntämällä voidaan saavuttaa vain keskitasoa edustava toimintatapa. Kilpailun kannalta on ajallisesti liian hidasta hyödyntää standardeissa esitettyjä vähimmäisvaatimuksia laadun kehittämiseksi. Usein yrityksissä ei ole yhdistetty johtamisjärjestelmää ja laatujärjestelmää, jonka avulla kokonaisvaltainen laatujohtaminen on mahdollista toteuttaa. (Silén 2006, s. 45 - 47)

Laatujärjestelmän sertifiointien ylläpitoon liittyvien auditointeja suorittavan henkilön mielipide laadusta saattaa vaikuttaa enemmän yrityksen toimintaan kuin asiakkaan tarpeet. Usein yritykset eivät saa lisäarvoa sertifiointeista, vaan ne on mielletty hierarkkisena toimintana. Suomalaiset vientiteollisuusyritykset ovat hankkineet ISO

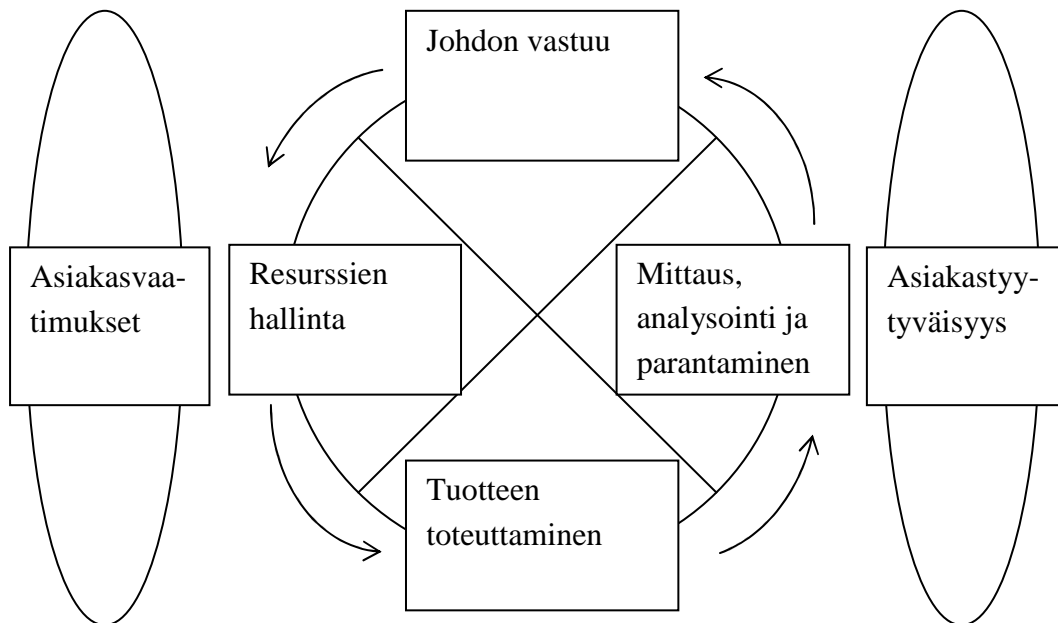
9000-sertifikaatin asiakasvaateisiin, markkinointiin tai varmuuden vuoksi-ajatteluun perustuvista syistä. (Silén 2006, s. 47)

Laadunhallintajärjestelmän standardeissa on kuvattu toimintamallin vaatimukset, joiden avulla yritykset voivat rakentaa omaan toimintaansa sopivan laadunhallintajärjestelmän. Pelkästään eri toimintojen kuvaaminen kirjallisesti ei lisää laatua, vaan yrityksessä pitää toimia suunnitellun toimintamallin mukaisesti. Yrityksen on pystyttävä arvioimaan omaa toimintaansa koko ajan, jos toimintaa halutaan kehittää. Usein tuotannollista toimintaa seurataan joillakin mittareilla, esimerkiksi mittaamalla tuotteita.

Yrityksen laatujärjestelmän sertifiointi on mahdollista saada hyväksyttyä noudattamalla kyseiseen sertifiointiin tarkoitettujen standardien mukaisia menettelyjä ja toimintatapoja. Yhtenä sellaisena esimerkkinä toimii kansainvälinen standardi ISO 9001, jossa esitetään laadunhallintajärjestelmän vaatimukset. Sen rakenne on luotu prosessimaisen ajattelun pohjalle, jonka tarkoituksena on koota yhteen kaikki organisaation toiminta. Ajatuksena on, että organisaatiossa voidaan ymmärtää ja tyydyttää asiakastarpeet. (Laadunhallintajärjestelmät 2008, s. 6 - 10)

Kun yritys on saanut laatujärjestelmänsä sertifioitua, niin henkilöstön ja johdon pitää alkaa noudattamaan ja kehittämään toimintaansa valittujen ja laatujärjestelmässä esitettyjen toimintatapojen mukaisesti. Mikäli yrityksessä tyydytään toimimaan vain vähimmäissuoritteilla niin, että laatujärjestelmän sertifikaatin edellytykset täyttyvät, luultavasti yrityksessä ei saavuteta kaikkia siitä saatavia hyötyjä.

Prosessimaista ajattelua on havainnollistettu kuvassa kaksi, jossa on nivottu yhteen asiakkaan ja organisaation toiminta sekä jatkuva parantaminen.



Kuva 2. prosesseihin perustuvan laadunhallintajärjestelmän malli (perustuu lähteeseen *Laadunhallintajärjestelmät 2008, s. 10*)

Kaikissa eri vaiheissa voidaan toteuttaa PDCA -laatuympyrämallia. Mallissa omaa toimintaa pitää koko ajan arvioida asiakastytytyvyyteen. (Laadunhallintajärjestelmät 2008, s. 10)

Monissa yrityksissä onkin käytössä jatkuvan parantamisen PDCA -malli. Kuitenkin samoja laatuvirheitä esiintyy hyvin usein, vaikka virheiden aiheuttamia juurisyytä olisi selvitetty.

Tuotannon kehittämistä voidaan tehdä monenlaisilla tavoilla. Jokaisella yrityksellä on mahdollisuus soveltaa valitsemiaan periaatteita oman tuotantonsa kehittämiseen. Tästä yhtenä tunnetuimmista esimerkeistä on Toyota, joka on luonut itselleen oman tuotantojärjestelmän.

Toyotan tuotantojärjestelmä (Toyota Production System, TPS) tuotannon toteuttamiseksi ja Toyotan ajattelutapa muodostavat kokonaisuuden, joka mielletään Toyotan tapana ja jota noudatetaan yrityksen kaikissa toiminnoissa. Toyotan tapa mahdollistaa korkean tuotteiden laadun, tuotannon joustavuuden sekä lyhyet tuotteiden läpimenoajat. Toyotan tuotantojärjestelmää on nimitetty myös ”lean -tuotantojärjestelmäksi”, ja sen avulla Toyota on pystynyt menestymään erinomaisesti autojen valmistajana globaalissa kilpailussa. Yrityksen toimialasta riippumatta sillä on mahdollisuus hyödyntää toiminnassaan lean -toimintamallia. (Liker 2004, p. 3 – 6, 41)

Liker (2004) mainitsee neljä ylemmän tason periaatetta Toyotan toimintatavasta, joita ovat:

- *filosofia;*
- *prosessi;*
- *ihmiset ja yhteistyökumppanit;*
- *ongelmanratkaisu.*

Likerin mukaan yritykset, jotka noudattavat lean -toimintatapaa, hyödyntävät usein kuitenkin vain osaa prosessi-periaatteesta ja eivät välitä muista periaatteista. Yritykset hyödyntävät mielellään muutamia lean -työkaluja, kuten esimerkiksi 5S-työkalua. Samalla ne unohtavat, että lean on kokonaisuus, johon koko yrityksen henkilöstön on sitouduttava ja noudatettava sitä. (Liker 2004, p. 7, 12 – 13, 41)

Liker (2004) esittää Toyotan toimintatavan 14 erilaisen periaatteen avulla, jotka kuuluvat aiemmin esitettyihin neljään ylemmän tason periaatteeseen. Yhtenä prosessi-periaatteena on luoda kulttuuri, jossa asiat tehdään ensimmäisellä kerralla oikein. Tämä on mahdollista saavuttaa vain, jos ongelmat pyritään aina korjaamaan välittömästi niiden ilmaannuttua. (Liker 2004, p. 35 - 41)

Organisaatioiden pitää pystyä erittelemään erilaiset laatukustannukset, koska vain silloin niitä voidaan poistaa. Huonosta laadusta aiheutuvat kustannukset voivat jäädä täysin pimentoon, mikäli niihin vaikuttavia puutteellisuuksia ei löydetä. DeFeo luokittelee huonosta laadusta aiheutuvat kustannukset kolmeen osaan:

- arvioinnista ja tarkastamisesta aiheutuvat kustannukset;
- omasta tekemisestä aiheutuvat kustannukset;
- ulkoisista syistä aiheutuvat kustannukset.

Arvioinnista ja tarkastamisesta aiheutuvia kustannuksia voi muodostua tuotteen ja siihen liittyvien dokumenttien tarkastamisesta, erilaisista testauksista ja muista selvityksistä. Näillä toimenpiteillä yritetään välttää ylimääräisten kustannusten syntyminen. *Omasta tekemisestä* aiheutuvia kustannuksia ovat erilaiset tuotteen korjaukset, uudelleen valmistamiset, aikataulussa pysymiseen tarvittavat ylityöt tai suunnittelumuutoksista aiheutuvat muutokset. *Ulkoisista* syistä aiheutuvia kustannuksia ovat esimerkiksi yrityksen alasta riippuen laskutusvirheiden korjaaminen, valitusten käsittely, lähetyksissä vaurioituneiden tai kadonneiden tuotteiden korjaaminen tai korvaaminen. (DeFeo 2001, p. 32 – 33)

Projekteja voidaan kehittää ja niiden kustannuksia voidaan alentaa, jos käytössä on tietoa huonosta laadusta. Kehittämisessä ja kustannusten alentamiseen tarvittavissa toimissa täytyy keskittää toimenpiteet muutamiin suurimpia kustannuksia aiheuttaviin kohtiin. DeFeo luettelee neljä vaihetta huonon laadun aiheuttamien kustannusten mittaamiseen:

- tunnistetaan toiminnot, jotka johtuvat huonosta laadusta;

- päätetään, miten arvioidaan kustannuksia;
- kerätään tietoa ja arvioidaan kustannukset;
- analysoidaan tulokset ja päätetään seuraavat vaiheet.

Tärkeintä on tunnistaa ne toiminnot ja muut tekijät, jotka vaikuttavat kuluihin. (DeFeo 2001, p. 33 – 34, 37)

3.2 Tarkastustoiminta

Laadukkaita kappaleita saadaan valmistettua, kun tuotanto toimii ja siinä olevat laatua huonontavat tekijät on poistettu. Tuotannon kehittäminen edellyttää, että huonon laadun aiheuttajat voidaan poistaa. Tähän lean -ajattelussa on kehitelty erilaisia tapoja.

Toyotalla nimitystä *jidoka* käytetään prosessin sisäänrakennetun laadun luomisesta. Siinä luodaan menetelmä, joka havaitsee vian silloin, kun se ilmestyy. Menetelmän pitää myös pysäyttää tuotantolinja, ennen kuin tuote on siirtynyt toiseen vaiheeseen. Sen jälkeen henkilöstöllä on mahdollisuus ja velvollisuus korjata havaittu ongelma. Kun ongelmiin puututaan ja niiden aiheuttajat poistetaan heti, niin siihen kuluu vähemmän aikaa ja rahaa kuin jos se tehtäisiin myöhemmässä vaiheessa. Samalla poistetaan hukkaa, jota pidetään TPS:ssä erittäin tärkeänä. Niissä organisaatioissa, joissa tuotanto-ongelmia ei haluta ratkoa heti, ongelmat kasautuvat, koska ongelmatonta tuotantoa ei ole olemassa. Näin toimivat yritykset eivät pärjää kilpailussa. (Liker 2004, p. 128 - 132)

Kaikkien ongelmien esiintuomista pidetään tärkeänä sisäänrakennetun laadun rakentamisessa, koska vain tiedossa olevia ongelmia voidaan poistaa. Tuotantolinjoilla on käytössä *poka-yoke* -laitteita, joiden avulla havaitaan ongelmia. Nämä havaitut ongelmat tuodaan työntekijöille esille *andon* -nimisen merkinantojärjestelmän avulla, jossa ilmaisimena voi olla erivärisiä lippuja tai valoja sekä ääntä. Myös työntekijä itse voi huomata virheen ja pysäyttää tuotantolinjan. Sen jälkeen pitää ratkaista se, miten virheiden uudelleen syntyminen voidaan välttää jatkossa. (Liker 2004, p. 130 - 134)

Tuotanto koostuu käytettävistä prosesseista, jotka koostuvat erilaisista työvaiheista. Erilaisia työvaiheita ovat esimerkiksi *jalostus*, *tarkastus*, *kuljetus* ja *varastointi*. Tarkastusvaiheessa tuotteita tarkastetaan ja tarkastustuloksia verrataan etukäteen määriteltyihin arvoihin. Toiminnan tarkoituksena on löytää ja erotella virheelliset kappaleet virheettömistä. Tällaista toimintaa Shingo (1984) nimittää *valikoivaksi tarkastukseksi*. (Shingo 1984, s. 10 - 14)

Myös itse tarkastustoimintaa voidaan kehittää ja siihen voidaan lisätä resursseja. Näin voidaan saada tarkastustoiminnan luotettavuus paremmaksi ja voidaan löytää enemmän hylättäviä kappaleita. Tällainen toiminta ei kuitenkaan vielä poista virheen alkuperäistä syytä prosesseista. Kun halutaan parantaa prosesseja, kappaleen hylkäämiseen johtanut tieto on toimitettava tuotannon työvaiheelle. Tällaista toimintaa Shingo (1984) nimittää

informatiiviseksi tarkastukseksi. Sen tarkoituksena on parantaa virheitä tekeviä työvaiheita ja näin myös välttää virheiden tekemistä jatkossa. Shingon mukaan tarkastustoiminnan tarkoitus pitää olla selvillä. Mikäli tarkastustoiminta on vain valikoivaa tarkastamista, virheitä ei voida vähentää. (Shingo 1984, s. 10 - 14)

Usein kappaleiden 100 %:n tarkastaminen mielletään yrityksissä paljon aikaa ja resursseja kuluttavaksi toiminnaksi. Tällaisten syiden takia on kehitetty pistokoemaisia tarkastuksia, jotka perustuvat tilastollisiin menetelmiin. Jos halutaan olla täysin varmoja siitä, että kappale täyttää vaatimukset, se on tarkastettava. Shingon mukaan *pistokoetarkastuksella rationalisoidaan tarkastustyötä, mutta ei laadunvarmistusta.* Hyödynnettäessä ajattelua *informatiivisesta tarkastuksesta*, voidaan kaikille kappaleille suorittaa 100 %:n tarkastus ja näin vähentää virheiden syntymistä. (Shingo 1984, s. 14)

Tarkastuksen suorittamiseksi 100 %:sti on Shingo luonut erilaisia periaatteita. Niitä ovat:

- *vaiheittain tarkastaminen;*
- *omatoiminen tarkastus;*
- *virhelähdetarkastus;*
- *Poka-Yoke -menetelmä.*

Idea *vaiheittaisessa* tarkastamisessa on, että seuraava vaihe tarkastaa aina aikaisemmasta vaiheesta tulleen kappaleen. Tällaisessa toimintatavassa etuna on nopea palautteen antaminen aikaisempaan vaiheeseen ja tarkastuksen puolueeton suorittaminen. Kyseistä periaatetta voidaan soveltaa hyvin vaivattomasti, ja monet yritykset ovat sen avulla pudottaneet virheprosenttinsa viidesosaan aikaisempaan verrattuna. (Shingo 1984, s. 16 - 17)

Omatoimisessa tarkastamisessa ideana on, että työn suorittaja itse myös tarkastaa oman työnsä. Tällainen toimintatapa on lähes täydellinen ratkaisu 100 % tarkastuksen suorittamiseksi. Tämän tarkastuksen haittapuoleksi Shingo mainitsee kaksi asiaa: Ensimmäinen on hylkäyspäätöksen noudattamatta jättäminen. Henkilön tarkastaessa omaa työnsä, hän voi jättää viallisia kappaleita hylkäämättä. Toinen on tarkastusvirheiden tekeminen. Esimerkiksi silloin tarkastustulos voidaan tulkita itselle edullisesti. (Shingo 1984, s. 16 - 17)

Esitetyistä haittapuolista voidaan päästä eroon, jos voidaan estää virheet ennen niiden syntymistä. Virheiden estäminen voidaan tehdä esimerkiksi hyödyntämällä rajakatkaisijaa, joka itsessään toimii ikään kuin tarkastajana valmistusvaiheessa. Tätä voidaan hyödyntää ainakin kappaleen muotojen tunnistamisessa, ja siten varmistaa oikeanlainen kappaleen asettaminen koneeseen. (Shingo 1984, s. 14 - 15)

Virhelähdetarkastuksen tekeminen on jaoteltu kahdeksi osaksi. Niitä ovat *vertikaalinen* ja *horisontaalinen* tapa. Tässä ajattelutapana on valvoa sitä, mitkä tekijät aiheuttavat virheitä. Verikaalisessa tavassa tuotantoprosessia kuljetaan taaksepäin ja etsitään virheiden aiheuttajat sekä korjataan ne. Horisontaalisessa tavassa selvitetään laatuun vaikuttavat tekijät sekä tarkkaillaan ja ohjataan niitä. (Shingo 1984, s. 16)

Poka-Yoke -menetelmällä voidaan estää virheiden syntymistä. Toimintona voi olla joko *pysäytintyyppi* tai *merkinantotyyppi*. Toimintatavan valinta pitää tehdä kartettavien virheiden avulla. Pysäytintyyppistä menetelmää käytetään, kun kysymyksessä on jatkuva virhe. Merkinantotyyppistä toimintoa käytetään, kun kysymyksessä on satunnainen virhe, joka mahdollisesti häviää myöhemmässä vaiheessa. (Shingo 1984, s. 16 - 17)

Tekninen toteutus voidaan suorittaa kolmella erilaisella menetelmällä, joita ovat:

- *katkaisijatyyppi*;
- *vakiolukumäärätyyppi*;
- *prosessivaihetyyppi*.

Katkaisijatyyppiä soveltamalla hyödynnetään esimerkiksi rajakatkaisijoita. Vakiolukumäärätyypissä valvotaan liikkeiden toteutunutta määrää ja prosessivaihetyyppisessä vaiheiden lukumäärän toteutumista. (Shingo 1984, s. 16 - 17)

3.3 Tiedonhallinta

Tiedonhallinta on tärkeää yritykselle, koska se sisältää erilaiset toimintatavat ja myös hiljaisen tiedon hyödyntämisen mahdollisuudet. Tiedonhallinta on yrityksen pääomaa ja myös yksi osaamisen tason mittari.

Yrityksen käytössä olevan tietopääoman hyödyntäminen on ollut kilpailussa menestyvien yritysten toimintatapana. Tietopääomalla tarkoitetaan yrityksen henkilöstön ja muuten käytettävissä olevaa *inhimillistä- ja aineetonta pääomaa* sekä osaamista hyödyntää *strategisia reservejä*. (Ståhle & Grönroos 1999, s. 50 - 54)

Tiedonhallinta ei ole yksiselitteinen käsite. Kaario ja Peltola (2008) käsittävät tiedonhallinnan koko yrityksen organisatorisia tietoja koskevana. Yrityksille tieto on tärkeää, koska se on osa yrityksen arvoa. Monissa yrityksissä asiantuntijoiden tuottamaa tietoa on paljon, mutta sen kokonaisvaltainen hyödyntäminen on useinkin hyvin pienimuotoista. Sähköisessä muodossa olevaa tietoa voidaan hallita ilman, että se muuttuu, mutta itse tietosisällön automaattinen hallinta on vaikeampaa. Jos esimerkiksi asiakirjan sisällöstä huomioidaan vain osa, sen sisältämän tiedon ymmärtäminen ja tulkinta voi muuttua erilaiseksi kuin alkuperäisessä asiakirjassa on tarkoitettu. Tärkeän tiedon hallinta niin, että sen sisältö siirtyy muuttumattomana ja tehokkaalla tavalla sitä

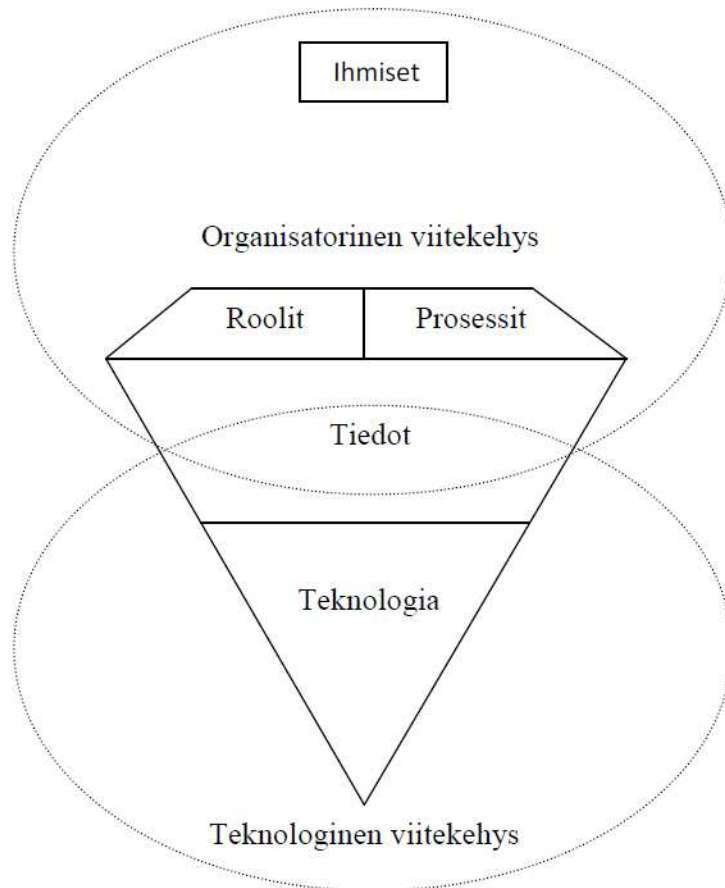
käytettävillä henkilöillä, parantaa organisaation toimintaa. (Kaario & Peltola 2008, s. 3 – 8)

Tietoa pitää myös ylläpitää ja hallita koko sen elinkaaren ajan. Ylläpitoa suoritetaan niillä yrityksen säännöillä ja ohjeilla, jotka yrityksessä on määritelty. Hallinta käsittää itse järjestelmät, joilla tietoa tuotetaan, nimetään ja vastaanotetaan sekä myös näiden järjestelmien ylläpidon. Tiedon säilytys ja arkistointi yrityksissä käsittää niihin käytettävät järjestelmät sekä keinot, joilla löydetään tarvittavat tiedot dokumenteista. Tiedon esittäminen, jakelu ja julkaisu voidaan suorittaa monella erilaisella tavalla, mutta osakokonaisuuksien esittäminen ei saa muuttaa alkuperäisen tiedon informaatiota eikä vaarantaa sisällön ymmärtämistä. (Kaario & Peltola 2008, s. 11)

Yrityksessä sähköisessä muodossa olevaa tietoa voidaan hallita ja taltioda esimerkiksi tuotetiedonhallinnan (Product Data Management, PDM) määrittelyjen avulla niin, että se on tietoa tarvitsevien käytettävissä tarvittaessa. PDM on selkeä toimintatapa, jolla kaikkea tuotteeseen liittyvää tietoa hallinnoidaan kokonaisvaltaisesti. Tuotetiedonhallintaa voidaan kehittää kuitenkin myös yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää hyödyntämällä. Tuotteiden jatkuvat muutokset ja tuotemäärien kasvaminen lisäävät tarvittavan tiedon määrää tuotteista. Myös yritysten erillään olevien toimintojen ja tietojen yhdistäminen ja hallinta hankaloituu ilman selkeätä toimintamallia. (Sääksvuori & Immonen 2002, s. 13, 18, 77, 97 - 98)

3.3.1 Suunnittelu

Ennen kuin kehitystyötä voidaan tehdä, pitää tehdä suunnitelma sen toteuttamiseksi. Organisaatio ei ylipäätään voi toimia tehokkaasti, jos sen toiminta ei ole suunniteltua ja suunnitelmallista. Tiedonhallinta on osana koko organisaation toimintaprosesseissa, ja sen on pystyttävä kehittymään yrityksen ja sen eri organisaatioiden muutoksen mukana. Kaikki kehittämistoimet pitää ensin suunnitella hyvin ja vasta sitten siirtyä niiden toteuttamiseen. Suunnittelussa pitää huomioda kohteena oleva organisaatio ja sen toimintatavat sekä toiminnalle asetetut tavoitteet. Suunnittelun yhdeksi apuvälineeksi on Jyväskylän yliopiston METODI-projektissa kehitetty timanttimalli, joka on esitetty kuvassa kolme. (Kaario & Peltola 2008, s. 136 - 137)



Kuva 3. Timanttimalli² (perustuu lähteeseen Kaario & Peltola 2008, s. 137), ²kehitetty Jyväskylän yliopisto, METODI-projekti

Timanttimallia hyödyntämällä suunnittelussa huomioidaan kehitystyöhön vaikuttavat osa-alueet. Tiedonhallinnan kehittämiseksi on luotu useita vaihtoehtoisia malleja, joita soveltamalla voidaan käyttää suunnittelun välineenä. Timanttimallissa *organisatorinen viitekehys* pyrkii huomioimaan ihmiset ja heidän roolinsa sekä heidän osallisuutensa organisaation prosesseihin. *Teknologinen viitekehys* käsittää kaikki käytettävät laitteet ja välineet sekä tarvittavat ohjelmat, joilla tietoa käsitellään.

Yksittäisillä henkilöillä, ryhmillä, eri toiminnoilla organisaatiossa tai jopa tietoteknisillä järjestelmillä voidaan kuvata erilaisia rooleja tiedonhallinnassa. Näitä rooleja voivat olla esimerkiksi henkilöstön erilaiset tehtävät ja niihin liittyvät vastualueet tai toisten yksiköiden väliset suhteet. Niiden avulla voidaan selvittää roolin tiedon tarvetta ja asettaa käyttäjäkohtaisia oikeuksia eri tietoihin. Myös tiedonhallintaan liittyviä vastuita, esimerkiksi ylläpitoon, tallentamiseen ja julkaisemiseen sekä tiedon elinkaareen liittyviä vaiheita, voidaan määritellä eri rooleille. Prosessit kuvaavat eri toimintoja organisaatiossa, ja tiedon hallinta voidaan jaotella eri rooleihin prosessien sisällä. Tietoa syntyy eri prosessien vaiheissa, ja sitä myös käytetään niissä. (Kaario & Peltola 2008, s. 136 - 144)

3.3.2 Hallinta ilman erillistä tietovarastoa

Tietokantoihin tallennetaan erilaista tietoa ja silloin se on jo itsessään eräänlainen tietovarasto.

Automaattisessa tietojenkäsittelyssä (ATK) on olemassa erilaisia menetelmiä tiedonhauille. Siinä tiedonhakua voidaan tehdä tietokoneiden avulla monenlaisista tietokannoista, jotka usein koostuvat erilaisista tiedostoista ja tietueista. Tietokantoja voidaan luokitella niiden sisältämän tiedon tai rakenteiden mukaisesti. (Alaterä & Halttunen 2002, s. 15 - 20)

Kun tieto on tallennettuna sähköiseen muotoon, siitä voidaan muodostaa erilaisia raportteja. Niiden muodostamiseen on olemassa järjestelmämielessä erilaisia tapoja.

Hovi *et al.* (2009) esittävät myös vaihtoehtoisia raportointitapoja ilman varsinaista erillistä tietovaraston käyttöä. Niitä ovat:

- raportointi suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä (ERP);
- raportointi taulukkolaskentaohjelmaa hyödyntäen;
- virtuaalinen tietovarasto;
- liiketoimintatiedon hallintatyökalujen käyttö suoraan ERP-järjestelmästä.

Toiminnanohjausjärjestelmistä saadaan suoraan muodostettua raportteja, jotka on määriteltä niihin valmiiksi. ERP-järjestelmät ja muut operatiiviset järjestelmät sisältävät joitain raporttimalleja, ja niihin voidaan tarvittaessa rakentaa niitä lisää. Ongelmaksi voi muodostua eri tietokannoista haettava tieto tiettyjen raporttien tekemiseksi. (Hovi *et al.* 2009, s. 4 - 9)

Tällaiset ohjelmoinnit vaativat tietoteknistä osaamista ja ohjelmien koodien ymmärtämistä. Yleensä ohjelmointi pitää teettää ulkopuolisella asiantuntijalla, mikä tietysti lisää kustannuksia. Ongelmaksi voi myös muodostua tietojen yhdistäminen eri tietokannoista. Tällaiset yhdistämistoiminnot voivat myös kuormittaa järjestelmiä. Kova järjestelmän kuormitus aiheuttaa usein myös aikaviivettä raportin muodostamiselle, mikä ei ole toivottava ominaisuus. Myöskään kunnollista historiatietojen hallintaa ei ole olemassa suoraan operatiivisista järjestelmistä raportoitavassa tavassa. (Hovi *et al.* 2009, s. 4 - 9)

Taulukkolaskentaohjelmia voidaan hyödyntää raportoinnissa. Tällainen toiminta edellyttää usein sitä, että joku henkilö kerää tiedon eri järjestelmistä. Keräystä voidaan suorittaa käsityönä tai etukäteen määritellyillä lataustoiminnoilla. Tietoa muokataan paljon taulukkolaskentaohjelmilla ja niiden hallinta, ja osaaminen yksilöityy tehtävää suorittavaan henkilöön. (Hovi *et al.* 2009, s. 4 - 9)

Virtuaalinen tietovarasto tarkoittaa sitä, että käytännössä tiedon siirtovaiheessa raportteihin eri tietokannoista tietoa muokattaisiin hyödyntäen virtuaalista tietovarastoa. Virtuaalisen tietovaraston käyttäminen on hankalaa ja usein erittäin hidasta tai jopa mahdotonta. Tämäntapainen tiedon yhdisteleminen vaatii käytettäviltä järjestelmiltä tiedon välivarastointia monimutkaisten käsittelyjen ja toimintojen aikana. (Hovi *et al.* 2009, s. 4 – 9)

Yritysten operatiivisista järjestelmistä, usein ERP -järjestelmistä, voidaan tietoa saada ja raportoida liiketoimintatiedon hallintajärjestelmien avulla. Tällaisissa tapauksissa erillistä tietovarastoa ei ole, vaan näiden järjestelmään integroitujen liiketoimintatiedon hallintaan (Business intelligence, BI) sopivien työkalujen avulla tietoa käsitellään tietokannoista. Tällainen toimintatapa voi sopia pienimuotoiseen yritystoimintaan. Esimerkiksi muutamasta erillisestä järjestelmästä on mahdollisuus saada riittävästi tietoa ja raportteja voidaan luoda kattavasti. (Hovi *et al.* 2009, s. 6 – 19)

Suoraan tietokantoja hyödyntävä BI-työkalujen avulla tehtävä toimintatapa ei juuri mahdollista tietojen yhdistelemistä. Tällainen toimintatapa ei sovi yhteen isompien ja monimutkaisempien järjestelmien kanssa, koska niissä tietoa on pakko järjestellä ja käsitellä sekä yhdistää jossakin vaiheessa, mikäli halutaan toimivat ja nopeat järjestelmät käyttöön. (Hovi *et al.* 2009, s. 6 – 19)

3.3.3 Hallinta erillisen tietovaraston avulla

Kun yrityksen koko kasvaa ja käytettävät järjestelmät lisääntyvät, tietoa pitää pystyä hallitsemaan entistä tehokkaammin. Yksi tapa on luoda yrityksen käyttöön tietovarasto. Tietovarastojärjestelmän luonti vaatii informaatioteknologian (Information and communication technology, ICT) hallintaa sekä suunnittelua. Siihen tarvitsee varata aikaa ja resursseja sekä varautua siitä aiheutuviin kustannuksiin. Tämän vuoksi tietovarastojärjestelmän rakentaminen voidaan ja kannattaa toteuttaa omana erillisenä projektina yrityksissä. (Hovi *et al.* 2009, s. 10 -17)

Monimutkaisissa järjestelmissä voidaan hyödyntää tietovarastojärjestelmää siten, että siihen ladataan tietoa ERP:n tietokannasta sekä muista käytössä olevista tietokannoista. Lopuksi nämä tiedot viedään vielä erilliseen tietovarastoon. Useilla toiminnanohjausjärjestelmien toimittajilla on kuitenkin tarjolla erillinen tietovarastojärjestelmä. (Hovi *et al.* 2009, s. 6 – 19)

Yrityksissä tietoa tarvitaan monenlaisissa toiminnoissa ja erilaisista syistä. Monissa organisaatioissa tietoa on tallennettuna toiminnanohjausjärjestelmissä. Tiedon tehokas hyödyntäminen raportointiin, erilaisiin yhteenvedoihin ja analyyseihin voidaan tehdä monella erilaisella tavalla. Isommissa ja monimutkaisimmissa tietoteknisissä kokonaisuuksissa pelkästään yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä ei ole paras tapa hallita tietoa. Tällaisiin tapauksiin on kehitetty erillinen tietovarasto (Data Warehousing,

DW), johon yhdistellään tietoja eri tietokannoista ja / tai järjestelmistä. Oikean tiedon löytäminen ja hyödyntäminen tietovarastosta tehdään erillisellä liiketoimintatiedon hallintaan tarkoitettulla ohjelmistolla. (Hovi *et al.* 2009, s. 4 - 9)

Tietovarastoja käytetään organisaatioiden tietojen hallinnassa kahdesta erilaisesta syystä, jotka liittyvät tekniikkaan ja yrityksen liiketoimintaan. Tekniikkaan liittyviä syitä, joita jo aiemmin mainittujen lisäksi Hovi *et al.* (2009) mukaan ovat seuraavat:

- raporttien lähettäminen sähköpostilla voidaan lopettaa;
- operatiivisten järjestelmien käyttöikä on pidempi;
- tietojen hyödyntäminen käytössä olevista operatiivisista järjestelmistä helpottuu;
- tallennuspaikan hinnat laskevat ja kapasiteetit kasvavat;
- järjestelmän laitteiden hinnat ovat laskeneet, ja ne ovat entistä tehokkaampia;
- uudet tietovarastot ja latausominaisuudet;
- järjestelmien käytettävyys ja visuaalisuus paranee.

Liiketoiminnallisia syitä ovat nopeammat syklit liiketoiminnassa, yrityksen muuttuminen, tiedon tarve yhteistyökumppaneille, tiedon reaaliaikaisuus, asiakastietojen hyödyntäminen liiketoiminnassa ja erilaiset kilpailusta johtuvien analyysien tarve. Tietovarastojen liiketoiminnallisia etuja ovat:

- tietovarasto mahdollistaa tietojen integroinnin yhteen paikkaan;
- sen käyttö ei riipu yrityksessä käytettävistä prosesseista;
- tiedot ovat yhdenmukaisia ja oikeita;
- tietojen saanti ja haku nopeutuu, ja niiden löytäminen on helpompaa;
- historiatiedon hallinta ja saatavuus paranee;
- tiedon hyödynnettävyys ja laatu paranee;
- operatiivisten järjestelmien kuormitettavuus pienenee.

Tietovaraston käyttäminen mahdollistaa tiedon tarkastelun useista erilaisista lähtökohdista. Tiedon oikeellisuus paranee, kun puutteet tai virheet saadaan paremmin poistettua. Myös tiedon automaattinen lataus vähentää virheiden määrää verrattuna tiedon käsisyöttöön. (Hovi *et al.* 2009, s. 10 - 17)

3.3.4 Tiedon analysointi

Yritysten välisessä kilpailussa pärjäämiseen on monenlaisia tapoja eri aloilla. Liiketoimintatiedon hallinnan osana on analytiikka. Sen tarkoituksena on muodostaa tiedosta ja datasta erilaisia analyyseja sekä malleja. Näitä tietoja yritys voi hyödyntää kilpailussa. Analyttisellä tavalla toimimalla yritys voi saada luotua uudenlaisia mahdollisuuksia tehdä bisnestä. Hyödyntäessä analytiikkaa on yrityksen kuitenkin erotuttava jollain tavalla kilpailijoistaan. Analysoinnin tekemiseen on olemassa erilaisia

taulukkolaskentaohjelmistoja tai sitä varten kehitettyjä yksilöityjä ohjelmistoja. Yrityksen kunnollinen tietojohdaminen mahdollistaa analysoinnin tekemisen käytettävissä olevasta tiedosta tai datasta. (Davenport & Harris 2007, s. 11 - 13, 26, 28 - 29)

Aina vain kasvavien datamäärien analysointi yrityksessä sijaitsevalla laitteistolla ja ohjelmistoilla muuttuu yhä vaikeammaksi. Jos vielä analysoitava data on useassa eri paikassa, tiedonsiirron nopeus ja luotettavuus muodostuu merkitykselliseksi. Nykypäivän modernit pilvipalvelut tarjoavat tiedon tallennusmahdollisuutta ja analysointiin tarvittavaa suorituskkyä lähes rajattomasti. Julkisten pilvipalveluiden etuna on niiden sisältämä valtava datamäärä, joka on peräisin monista eri nettipalveluista ja julkisista tietolähteistä. Julkisessa pilvipalvelussa olevaa dataa voidaan hyödyntää yrityksen omissa tietokannoissa olevan datan kanssa. Tähän on olemassa kaksi erilaista tapaa: Yritys voi siirtää omista tietokannoista tietoa pilveen tai data voi olla jo valmiiksi suoraan tallennettu pilvipalveluun. (Salo 2013, s. 14 - 16)

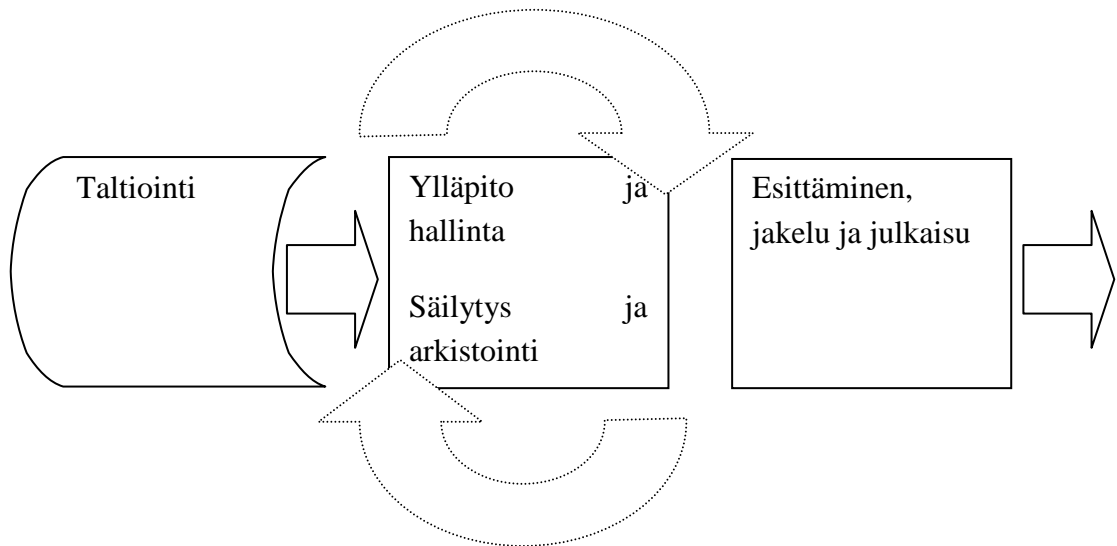
Pilvipalveluiden käyttäminen ja datan analysointi vaatii osaamista, mikä voi aiheuttaa kustannuksia. Tarjolla oleviin palveluihin ja tuotteisiin tarvittavien investointien arvot voivat olla suuruudeltaan miljoonasta eurosta alaspäin lähes ilmaiseen analyysiin. (Salo 2013, s. 17)

3.3.5 Tiedon kerääminen

Pouri (1997) käsittelee kahdella tavalla tietojen keräämistä. Toinen on perinteinen tapa ja toinen tiedonkeruujärjestelmä. Perinteisessä tavassa toimintatapana ovat paperiset muistiinpanot, joista tiedot on siirretty myöhemmin sähköiseen muotoon. Tällainen toimintatapa vaatii Pourin mukaan paljon aikaa ja useamman henkilön työpanoksen. Haittapuolena tällaisessa toiminnassa on se, että virheiden havaitseminen jälkikäteen hankaloittaa niiden korjaamista, ja korjaaminen kestää pidempään. (Pouri 1997, s. 225 - 226)

Tiedonkeruujärjestelmän toimintaperiaatteeseen kuuluu, että tiedot muunnetaan sähköiseen muotoon ja tallennetaan niiden syntypaikalla. Yhtenä ominaisuutena tiedonkeruujärjestelmällä on käyttäjän opastaminen tietoja syötettäessä ja myös se, että järjestelmässä ei pääse eteenpäin ennen kuin oikeanlainen tieto on annettu oikealla hetkellä. Järjestelmän käyttämisellä voidaan saavuttaa etua siinä, että jo tallennettua tietoa ei tarvitse enää uudelleen antaa, eli samaa työtä ei tehdä kahteen kertaan. Etuna voidaan pitää myös järjestelmän reaaliaikaisuutta ja sitä, että tieto on heti kaikille sitä tarvitseville käytettävissä. Etuna voi olla myös, että virheiden määrä saadaan pienemmäksi, kun samaa tietoa eivät enää syötä järjestelmään useat eri henkilöt. (Pouri 1997, s. 225 - 226)

Erilaisten dokumenttien olemassaolon aikana niillä on samankaltaisia vaiheita. Kaario ja Peltola (2008) esittävät ne neljänä erilaisena päävaiheena. Kuvassa neljä on esitetty tiedon elinkaaren päävaiheet.



Kuva 4. Tiedon elinkaaren päävaiheet (perustuu lähteeseen Kaario & Peltola 2008, s. 10)

Taltioinnilla tarkoitetaan sitä, kun tietoa tallennetaan tallennuspaikkoihin yrityksen tiedonhallintajärjestelmien avulla käytössä olevilla välineillä. Tietoa taltioidessa on järkevää antaa tarvittavat kuvailu- ja tunnistetiedot tallenteelle. Taltioinnissa kaikki tieto pitäisi pystyä muuttamaan sellaiseen sähköiseen muotoon, että sitä voidaan hyödyntää yrityksen käytössä olevilla järjestelmillä. (Kaario & Peltola 2008, s. 9 - 11)

Kaario ja Peltola esittävät osajärjestelmistä koottuna kokonaisuutena organisaation tiedonhallinnan. Tämän he ovat nimenneet palvelukokonaisuudeksi. Nämä palvelut muodostuvat kanavista, ydinpalveluista, alustapalveluista ja taustajärjestelmistä. Kanavapalvelut sisältävät erilaisia tapoja tiedon käsittelyyn. Niitä ovat laitteet, ohjelmat, sovellukset ja tulosteet, eli kaikki se, millä tietoa saadaan järjestelmään, tuotetaan, tallennetaan ja välitetään eteenpäin. Ydinpalvelut koostuvat tiedosta muodostettujen dokumenttien ja asiakirjojen hallinnasta. Ydinpalvelut hyödyntävät käytössä olevia alustapalveluita. Alustapalvelut mahdollistavat tallennetun tiedon hakemisen ja löydettävyyden järjestelmistä sekä hallintaoikeuksien määrittelyn niiden käsittelyyn. Taustajärjestelmät koostuvat organisaatiossa käytössä olevista erilaisista järjestelmistä ja tietokannoista. (Kaario & Peltola 2008, s. 18, 56 - 57, 62 - 66)

3.3.6 Dokumenttien hallinta

Dokumenttien tekeminen suoraan sähköiseen muotoon on nykyaikainen toimintatapa. Sähköisessä muodossa olevaa dokumenttia voidaan käsitellä erilaisilla tietokoneohjelmilla. Paperisen dokumentin ongelma on, ettei tietokone ymmärrä sitä sellaisenaan. Paperinen dokumentti voidaan tietysti siirtää suoraan sähköiseen muotoon esimerkiksi skannaamalla. (Anttila 2001, s. 1 - 2) Skannaus ei kuitenkaan muuta esimerkiksi käsin kirjoitettuja mittatietoja numeeriseksi dataksi.

Dokumenttienhallintajärjestelmällä voidaan tietokoneen avulla hallinnoida tiedostoja sekä dokumenttiin liitettyjä ominaisuustietoja, joiden avulla dokumentin tunnistaminen ja hakeminen tietokannoista on mahdollista. Jotkut yritykset pitävät dokumenttien tehokasta hallintaa kilpailuvalttina, ja tällaisissa yrityksissä se onkin integroitu toimintatapoihin. Tietokoneen hakemistorakenteen käyttäminen sähköisessä muodossa olevien tietojen tallentamiseen eri kansioihin ja niiden käsitteleminen niissä ei ole tehokas tapa toimia. Ongelmaksi muodostuu oikean tiedon löytäminen nopeasti hakemistoista, ja tiedon välittäminen muille käyttäjille. Dokumentteja tarvitsevien käyttäjämäärien kasvaessa samansisältöisiä dokumentteja voidaan tehdä uudestaan, jolloin dokumenttien revisiohallinta vaikeutuu. (Anttila 2001, s. 3-4)

Dokumenttien tehokas hallinta voi tuoda yritykselle kustannussäästöjä. Dokumentteja tarvitsevien henkilöiden työaika ei kulu turhaan oikean ja ajantasaisen tiedon hakemiseen, vaan tiedot ovat löydettävissä helposti erilaisten hakumahdollisuuksien avulla. Järjestelmä tukee myös dokumenttien arkistointia hallinnoinnin ja luomisen lisäksi sekä estää mahdollisia virheellisiä yrityksiä hävittää tallennettuja tietoja. (Anttila 2001, s. 7 - 8)

3.4 Toiminnan seuranta

Organisaatiossa tallennettua tietoa voidaan hyödyntää monenlaisilla tavoilla ja hyvinkin erilaisiin tarpeisiin. Hyödyntämistapoja voivat olla erilaiset laskennalliset toimet, jotka liittyvät tilastolliseen seurantaan tai esimerkiksi analysointi suoraan mittaustuloksista.

Tarve hyödyntää tallennettua tietoa pitää määritellä yrityskohtaisten tarpeiden mukaan. Tarpeet voivat tulla koneiden ja laitteiden kunnossapidon puolelta, mahdollisesti laadunhallinnan tarvitsemasta dokumentoinnista tai halusta seurata yksittäisen kappaleen valmistustoleransseja.

3.4.1 Kunnossapito

Koneiden kunnossapito on pitkään ymmärretty vain koneiden korjaamisena vian ilmentyessä. Kunnossapidon käsite ei ole yksiselitteinen, vaan se on määritelty eri

tavoilla eri lähteissä. Järviö & Lehtiö (2012) nimeävät *tuotanto-omaisuuden hallinnaksi* seuraavat osa-alueet:

- *tuotantokapasiteetin kehittäminen ja käytön johtaminen;*
- *tuotanto-omaisuuden hoitaminen;*
- *ympäristö- ja työturvallisuus;*
- *logistiikan hallinta.*

Tuotanto-omaisuuden hoitaminen sisältää kaksi erillistä osa-aluetta, joita ovat *toimivuuden parantaminen* ja *toimintakunnosta huolehtiminen*. Toimintakunnosta huolehtiminen koostuu korjaavasta eli *reagoivasta* kunnossapidosta ja ennakoivasta eli *proaktiivisesta* kunnossapidosta. (Järviö & Lehtiö 2012, s. 14 - 16)

Kunnossapidon tavoitteena on tuotanto-omaisuuden toimintakyvyn pitäminen samantasoisena koko sen olemassaolon ajan. Tuotanto-omaisuutta on kuitenkin hallittava kokonaisvaltaisesti ja silloin kunnossapito käsittää koneiden ja laitteiden hallinnan, joka pitää sisällään seuraavat asiat:

- *toimintakunnosta huolehtimisen;*
- *turvallisen käyttämisen;*
- *laaduntuottokyvyn;*
- *laitteen elinjakson hallinta;*
- *oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen;*
- *palauttaminen alkuperäiseen kuntoon;*
- *koneen modernisointi;*
- *suunnitteluheikkouksien korjaaminen;*
- *käyttö ja kunnossapitotaitojen kehittäminen;*
- *laitteen toiminnasta kerätyn tiedon analysointi ja johtopäätösten tekeminen.*

Edellä lueteltujen asioiden avulla kunnossapito voi varmistaa koneelle suunnitellun toiminnan osana valmistusprosessia. Kunnossapitoa voidaan suorittaa erilaisilla menetelmillä, joissa voidaan huomioida monenlaisia asioita. Esimerkiksi lopputuotetta mittaamalla saadaan epäsuorasti selville toiminnan laaduntuottokykyyn liittyviä asioita. (Järviö & Lehtiö 2012, s. 17 - 26)

Kun koneita seurataan lopputuotteen mittauksen avulla, sillä voidaan selvittää vain mittaushetkellä liittyvän valmistusvaiheen kykyä tuottaa tarvittavan tarkkuuden omaavia tuotteita. Mahdollisesta toleranssiylityksestä johtuvia syitä ei yleensä voida sen avulla selvittää.

Työstökoneiden kunnonseurantaa voidaan tehdä työstökoneita ja tuotantokappaleita mittaamalla sekä erillistä koneella työöstettyä testikappaletta mittaamalla.

Työstökoneista on mahdollista mitata liikealueiden suoruuksia, kiertymien tarkkuuksia ja paikoitustarkkuuksia. Niitä voidaan tehdä erilaisilla pikatestilaitteilla tai erilaisilla mittavälineillä. Pikatestilaitteilla saadaan nopeasti selville se, onko jokin koneen vapausaste muuttunut verrattuna aikaisempaan testiin. Erilaisina mittavälineinä käytetään vesivaakoja ja suoruusnormaaleja. Liikealueiden suoruuksia ja paikoitustarkkuuksia mitataan esimerkiksi laserinterferometrin avulla.

Tuotantokappaleita mitataan koneellisesti tai erilaisilla käsimittavälineillä. Käytettäessä erillistä testikappaletta, se mitataan yleensä koordinaattimittauskoneella, koska sillä saavutetaan riittävä mittaustarkkuus. Testikappaleella voidaan todeta työstökoneen kyky suoriutua erilaisista koneistusvaiheista.

3.4.2 Tilastollinen valvonta

Tilastollisen valvontamenetelmän avulla valvotaan prosessin toimintaa, ei yksittäisen kappaleen laatua. Prosessin toiminnan valvonnan avulla voidaan osoittaa, että toimivan prosessin läpäisevät kappaleet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Valvottava prosessi on todettu mahdolliseksi valvoa SPC-menetelmällä (Statistical Process Control, SPC), ja prosessin toimiessa on todettu sen kyky tuottaa vaatimukset täyttäviä kappaleita.

Kaikkien mittojen tarkastaminen jostakin tuotannossa olevasta kappaleesta on yleensä mahdotonta. Tämän takia kappaleista mitataankin vain sellaiset kohdat, jotka vaikuttavat kappaleen käyttämiseen jatkossa, eli Salomäen (2003) esittämät ns. kriittiset mitat. Tilastollinen prosessin valvonta mahdollistaa sen selvittämisen, millaisella todennäköisyydellä kappaleet eivät täytä vaatimuksia. SPC:ssä sovelletaan tilastollisia menetelmiä, joiden avulla voidaan selvittää matemaattisia malleja, jotka kuvaavat kyseisen toiminnon käyttäytymistä. Välineenä seurantaan käytetään valvontakorttia, joka yhdistää mittaustulokset toisiinsa. Mikäli yrityksessä päädytään käyttöönottamaan SPC prosesseissa, se vaatii henkilöstöltä perehtymistä siihen ja tilastotieteen ymmärtämistä. (Salomäki 2003, s.129, 167 - 169, 173 - 174)

Yrityksessä on arvioitava, soveltuuko tilastollinen prosessin ohjaus sen toimintaan ja saako se siitä hyötyä. Tilastollisen prosessin ohjauksen tarkoituksena on prosessin hallinta valvomalla sitä, ja poistamalla prosessiin vaikuttavat häiriöt. Prosessi koostuu useiden eri osien, kuten materiaalin, koneen ja työntekijän yhdistelmästä. Prosessin hallinnassa ololla tarkoitetaan sitä, että systemaattiset häiriötekijät eivät vaikuta siihen. Niitä voivat olla esimerkiksi koneen kuluneet osat. (Järnefeld 1990, s. 8 – 14)

Yrityksen pitää löytää ne prosessit, joita kannattaisi alkaa valvoa SPC:tä hyödyntämällä. Selvityksessä voidaan hyödyntää virhetiheysten, niiden aiheuttamien kustannusten sekä laatuvirheitä aiheuttavia virhetietoja. Nämä tiedot pitää selvittää ennen kuin niiden järjesteleminen voidaan aloittaa ns. Pareto-menetelmän avulla. Menetelmän avulla saadaan selville kohtia, joiden poistamiseen yrityksen kannattaisi laittaa voimavaroja.

Tämän jälkeen pyritään löytämään virheisiin johtavat syyt sekä ratkaisut niiden poistamiseen. Tähän Järnefeldin (1990) mukaan tässä voidaan hyödyntää syy-seurausmenetelmää, aivoriihimenetelmää tai laatupiiritoimintaa. (Järnefeld 1990, s. 13)

Suorituskykyanalyysin perusteella selvitetään prosessin tai koneen suorituskyky. Analyysin perusteella tiedetään, onko kyseinen prosessi soveltuva tilastollisen valvonnan kohteeksi. Suorituskykyanalyysi toteutetaan kirjaamalla 50 kappaleesta mittatietoja erilliseen lomakkeeseen tai valvontakorttiin. Tämän avulla voidaan poistaa prosessissa mahdollisesti esiintyviä virheitä ja vääranlaisia suoritustapoja. Näin on saatu muodostettua prosessista tarkka kuva ja tiedetään, miten se käyttäytyy ja millaisiin tuloksiin sillä päästään juuri silloin. (Järnefeld 1990, s. 20)

Prosessin valvontaa suoritetaan näyte-eriä ottamalla. Tilastollisen valvonnan luotettavuus on riittävä, jos näyte-erän suuruus on esimerkiksi viisi kappaletta. Luotettavuus on riittävä, koska teollisuudessa esiintyvät prosessit noudattavat lähes aina normaalijakaumaa. Näyte-eristä valvotaan mitattavissa olevia muuttujia ja sitä suoritetaan erilaisten valvontakorttien avulla. Näistä saatavilla tiedoilla voidaan selvittää prosessia mahdollisesti häiritsevät tekijät ja poistaa ne. (Järnefeld 1990, s. 33 - 35)

Muutaman kappaleen sarjoja ei voida valvoa mittaamalla yksittäistä tuotetta, koska kappalemäärä ei ole riittävä tilastolliseen valvontaan. Tämä ei kuitenkaan estä SPC:n hyödyntämistä prosessin valvonnassa. Kyseisessä tapauksessa SPC:tä voidaan suorittaa esimerkiksi valvomalla koneistukseen vaikuttavia parametreja. (Järnefeld 1990, s. 51)

Tuotteissa esiintyvät virheet aiheuttavat mahdollisesti niiden hylkäämisen, jolloin yritys menettää tuotteen jalostamiseen kohdistetut resurssit. Tuotteiden virheiden aiheuttajat on pyrittävä tunnistamaan ja poistamaan. Virheiden erilaisia aiheuttajia voi kuitenkin esiintyä paljon, ja niistä pitäisi löytää ne, mitkä aiheuttavat eniten tuotteen hylkäämiseen johtavia virheitä. Suurin osa hylkäyksistä johtuu muutamista samoista virheiden aiheuttajista. (Kume 1998, s. 21)

Pareto-kuvaajia hyödyntämällä voidaan löytää ne virheiden aiheuttajat, jotka aiheuttavat eniten tuotteiden hylkäämisiä. Tämä saadaan selville esimerkiksi niin, että esiintyneet virheet luokitellaan ja selvitetään niiden määrä jostakin tarkasteltavasta eräkoosta. Näitä kutsutaan ”harvoiksi ratkaiseviksi virhetyypeiksi”. Sen jälkeen analysoidaan syitä, mitkä ovat johtaneet ratkaisevien virhetyyppien syntymiseen. Tämä voidaan tehdä Pareto-analyysin avulla ja / tai hyödyntää syy-seuraus kaaviota, joka tunnetaan kalanruotokuviona. (Kume 1998, s. 25 - 36)

Kume (1998) esittää yksilöistä muodostuvan kokonaisuuden eli *perusjoukon* kuvaamista histogrammien avulla. Näin visuaalisesti esitettynä mitattujen arvojen esiintymistiheyden havainnollistaminen on selkeää ja kokonaisuuden ymmärtäminen on helppoa ja nopeaa verrattuna sitä esimerkiksi taulukossa esitetyistä lukuarvoista tehtävään tulkintaan. (Kume 1998, s. 39 - 40)

Histogrammin muodon avulla voidaan perusjoukosta saada selville erilaisia tietoja, joita on mahdollista hyödyntää prosessin analysoinnissa. Jos käytössä on vielä erittely, voidaan näitä tietoja hyödyntää analysoitaessa prosessia histogrammin avulla. Erittelynä voivat esimerkiksi olla etukäteen määritetyt toleranssit. Toleranssit eli raja-arvot piirretään histogrammiin ja näin voidaan määritettyä erittelyä verrata histogrammin muodostamaan jakaumaan. (Kume 1998, s. 51 - 54)

Kumen mukaan näitä tyypillisiä tapauksia on viisi erilaista. Kahdessa tapauksessa hajonta täyttää erittelyn vaatimukset ja lopuissa kolmessa ei täytä. Neljässä tapauksesta viidestä on tehtävä korjaavia toimenpiteitä. Toimenpiteinä voi olla vaihtelun pienentäminen ja / tai hajonnan keskiarvon siirtäminen kohti erittelyn keskiarvoa. (Kume 1998, s. 51 - 54)

Histogrammien luominen on mahdollista tehdä myös tiedon keräämis- ja kirjausvaiheessa erillisellä tarkastuskortilla. Sen käyttämiseen Kume (1998) on maininnut kaksi etua, joita ovat:

- tietojen keräysvaihe on tehty erittäin helpoksi;
- tiedot ovat heti tulkittavissa visuaalisesti sekä tarvittaessa myöhemmin.

Tarkastuskortin ideana on, että siihen merkitään mittaustulos esimerkiksi vain rastilla. Kortissa esitetään tarkastuskohteen vaadittu mitta esimerkiksi pystyakselin keskikohdassa. Määritetty toleranssialue on jaettu yhtä suuriin osiin vaaditun mitan kummallekin puolelle. Mittaustulos merkitään rastilla sitä vastaavalle riville. Näin saadaan muodostettua halutun prosessin hajontakuvio, jota voidaan hyödyntää samalla tavalla kuin taulukkoarvoista tehtyä histogrammia.

Tarkastustoiminnassa voidaan käyttää hyödyksi myös muita tarkastuskortteja. Tarkastuskortti voi sisältää esimerkiksi virhetyypin, virheen sijainnin tai virheen syyn tietoa. Tieto näistä ja niiden määrästä antaa mahdollisuuden kehittää ja parantaa prosessia. (Kume 1998, s. 14 - 20)

4. NYKYTILAKARTOITUS JA HAVAINNOT

Valmistettujen kappaleiden pitää täyttää niille suunnitellut mitat ja tietysti niiden toleranssivaatimukset. Erilaisia mittauksia suorittamalla voidaan selvittää, ovatko kappaleet suunnitelmien mukaisia. Tarkastustoiminnassa tehtäviin mittatarkastuksiin on TG:llä muodostunut toimintatapa yhteistyössä asiakkaiden kanssa siitä, mitkä ovat lopullisia mittoja, joita kappaleista dokumentoidaan asiakkaille annettaviin loppudokumentteihin. Niitä mittoja ovat pääasiassa kappaleiden toiminnallisuuteen liittyvät mitat. Eri tuotantovaiheita on esitetty liitteissä 2 - 4 ja kuvassa viisi.

TG:llä on käytössä tuoteryhmille laatusuunnitelmat, mutta niissä ei määritellä mittaushetkiä kappaleista. Laatusuunnitelmissa määritetään ainoastaan, että kyseiselle tuoteryhmän kappaleelle on suoritettava mittatarkastus. Useimmille valmistettaville tuoteryhmille TG:llä on käytössä omat yksilöidyt mittatarkastuksia varten olevat pöytäkirjapohjat, joihin tulokset kirjataan.

Nykykäytännön lisäksi yrityksen pääasiakkaat ja luokituslaitokset eivät ole vaatineet muita kirjattavia mittaustuloksia. Poikkeuksena tästä on kuitenkin myös joitakin harvoja asiakkaita, jotka kertovat haluamansa mittatiedot kaupanteon yhteydessä. Asiakkaiden vaatimat mitattavat ja kirjattavat kohdat voivat olla merkittyinä kappalekohtaisiin piirustuksiin tai mittauspöytäkirjoihin, jotka asiakas on toimittanut TG:lle. Tällaiset poikkeukset on pitänyt tietysti huomioida suoritettavissa mittatarkastuksissa, ja yleensä niiden suorittamisesta on huolehtinut tarkastustoiminto.

Koneiden ja laitteiden kunnossapito on ulkoistettu erilliselle yritykselle, jonka henkilökuntaa on jatkuvasti paikalla tuotantotiloissa. TG:llä noudatetaan koneiden ja laitteiden valmistajan tai toimittajan määrittelemiä huolto-ohjelmia. Tarvittavat huollot suoritetaan ohjeissa mainituin väliajoin.

TG:llä on seurattu laatukustannuksia usean vuoden ajan. Vuosittaista seurantaa ja yhteenvetoa eri poikkeamaraporteista on ylläpidetty erillisellä Excel-tiedostolla. Omassa toiminnassa havaituista poikkeamista, asiakasreklamaatioista tai alihankintatoimittajan virheistä on tehty poikkeamaraportti. Raporttiin on kirjattu poikkeaman tekijä, poikkeaman kuvaus ja työvaihe ja sen mahdollinen konekoodi. Poikkeamaraportista saatavien tietojen lisäksi yhteenvetotaulukkoon on kerätty poikkeaman aiheuttamat euromääräiset kustannukset, joita ovat pääasiassa materiaalista ja työstä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi on kirjattu juurisyy poikkeamakohtaisesti. Juurisyyden perusteella virheet on luokiteltu esimerkiksi materiaalista tai työntekijästä johtuviksi. Näiden tietojen perusteella on muodostettu erilaisia kuvaajia.

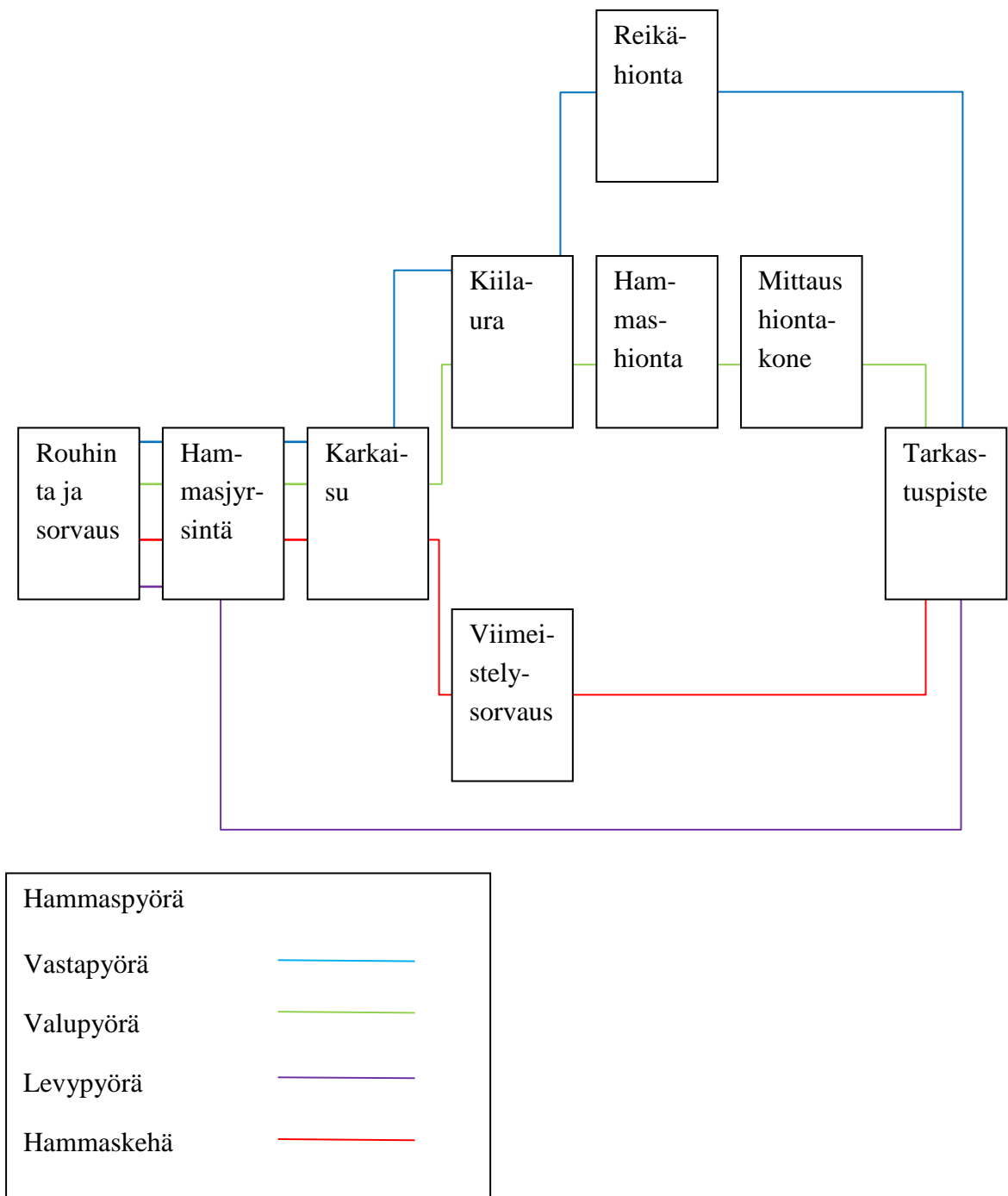
Lisäksi eri tuotantovaiheissa tapahtuneita virhemääriä on kerätty erilliseen taulukkoon. Vuoden 2014 aikana syntyneistä poikkeamista suurempi osa valmistuksen laatupuutteista oli huomattu vasta tarkastusvaiheessa. Virheiden löytäminen tarkastusvaiheessa aiheuttaa lisäkustannuksia, jos virheellisiä tuotteita on valmistettu siihen asti.

Takoma Gears Oy:llä ei ole Lean System -järjestelmän lisäksi käytössä erillistä tietokantaohjelmasovellusta, jonka avulla voitaisiin luoda ja hallita erilaista toisiinsa linkitettyä tietoa. TG:llä ei ole myöskään käytössä erillistä arkistointiohjelmistoa, jonka avulla esimerkiksi loppudokumentteja voidaan arkistoida ja tarvittaessa löytää nopeasti yhdestä paikasta monipuolisilla hakutoiminnoilla.

Sähköisten dokumenttien arkistointia varten henkilökunnalla on käytössä sähköposti, tietokoneen levyasema tai verkkolevy. Verkkolevyllä sijaitsevassa kansiorakenteessa on eri toiminnoille nimettyjä omat kansiot. Paperisten dokumenttien arkistoinnissa on käytössä erilliset dokumenttimapit. Yrityksen sisällä tietoa jaetaan pääasiassa sähköpostilla, palavereissa tai johdon järjestämissä tiedotustilaisuuksissa ja yrityksen virallisella ilmoitustaululla.

4.1 Tuotanto

Kaikissa tuotannon työvaiheissa tehdään kappaleille paljon erilaisia mittauksia. Tehtävät mittaukset ovat osana tuotteille tehtävää laadunvarmistusta ja asiakasvaatimusten todentamista. Kuvassa viisi on esitettyinä hammaspyörien ja hammaskehien eri tuotantovaiheet. TG:llä on myös sellaisia asiakkaita, jotka ovat erikseen sopineet, että heille toimitettavat levy- ja valuhammaspyörät sekä akselit tarkastetaan aina koordinaattimittauskoneella.



Kuva 5. *Hammaspyörien ja hammaskehien tuotantovaiheet*

Kaikissa tuotanto- ja tarkastusvaiheissa kappaleita tarkastetaan myös visuaalisesti, mutta siitä ei tehdä kirjausta kuin tarkastuspisteellä ja vain silloin, kun kappaleesta tehdään valmiin osan tarkastuspöytäkirja.

Kappaleiden hammastuksen tietynlaiseen tarkastamiseen TG:llä voidaan käyttää myös Barkhausen -menetelmää. Sen avulla kappaleiden jännösjännitystä eri alueiden välillä voidaan mitata. Laitteistossa olevalla luotaimella kappaleeseen aiheutetaan magneettikenttä. (Barkhausen) TG:llä menetelmää on käytetty joidenkin asiakkaiden

tilaamissa tietyissä tuotteissa hammastuksen pintakovuuksien muutoksien havaitsemiseksi.

Osa tuotantovaiheiden mittauksista tehdään ennen kyseisen työvaiheen koneistusta. Esimerkiksi kappaleita asetettaessa koneeseen on kappaleen oikea asento koneessa tärkeää, koska useiden kappaleiden toleranssivaatimukset ovat hyvin korkeat. Toleranssivaatimukset voivat olla vain muutaman millin sadasosan suuruisia. Osa mittauksista tehdään ennen kappaleen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen. Tällä halutaan varmistaa, että kappaleeseen jää vaaditut työvarat ja että toleranssirajan alarajan ylittävä kappale ei etene tuotannossa seuraaviin vaiheisiin. Osa mittauksista suoritetaan sellaisille kappaleen kohdille, jotka ovat jo täysin valmiita. Näin koneistaja voi varmistua siitä, että kappale voi edetä seuraavaan vaiheeseen, joka voi olla tuotantovaihe, koneellinen mittaus tai tarkastuspiste.

Nykyisessä toimintatavassa esimerkiksi pyörö- ja reikähionnassa koneistajan pitää varmistaa kappaleen mitat mittaamalla kappale kaikista niistä kohdista, joita vaiheissa aiotaan hioa. Mittaaminen on tärkeää, koska esimerkiksi hammasakselissa olevien akselikaulojen sorvauksen jälkeinen työvara voi olla erilainen. Tämän vuoksi hiontavaiheessa ei voida olettaa jäljellä olevaa työvaraa samanlaiseksi kaikissa kappaleissa. Tietysti tämä asia koskee myös muita työvaiheita, joissa kappaleisiin on tehty koneistuksia aiemmin, ja niitä kohtia aiotaan vielä koneistaa.

Mikäli kappaleeseen stanssattu sulatusnumero joudutaan jossain työstön vaiheessa koneistamaan pois, sen poistaja stanssaa sulatusnumeron takaisin kappaleeseen.

4.2 Koneistuskeskukset ja hiontakoneet

Koneistuskeskuksissa olevilla erillisillä mittauspäillä mitataan pääasiassa kääntökehien ohjaushalkaisijoita, joiden tuotantovaiheet on esitetty liitteessä neljä. Mittaustulos saadaan koneen ohjauskeskuksen näytölle sille etukäteen määritettyyn paikkaan. Siitä koneistajat kirjaavat mittaustulokset työpisteillä olevilla tietokoneilla verkkolevyllä olevaan tiedostoon.

Hammashiontakoneella voidaan käytännössä mitata ainoastaan kappaleen hammastuksesta jako, profiili ja suunta. Näistä mittauksista koneesta saadaan vain paperinen tuloste, joka arkistoidaan erilliseen mappiin. Hiontakoneissa kappalekohtaiset mittatiedot on tulostettava heti paperille, koska koneessa oleva muistimäärä on hyvin pieni. Uusia mittaustuloksia kone kirjoittaa muistiin vanhempien mittatietojen päälle, eikä niitä sen jälkeen enää ole saatavissa. Koneissa ei ole suoraan ulkopuoliselle muistille olevaa tallennusmahdollisuutta eikä myöskään erillisen tietokoneen liittämismahdollisuutta. Myöskään muistitilan lisääminen koneisiin ei ole mahdollista. Mikäli tulostin joudutaan esimerkiksi rikkoutumisen takia vaihtamaan, niin uuden

tulostimen yhteistoiminta koneen kanssa vaatii erillistä ajurien asennusta koneen huoltohenkilöstöltä.

Reikä- ja pyöröhionnoissa kappaleista mitataan reikien ja akseleiden halkaisijoita. Mittauksia suorittavat koneistajat, jotka käyttävät niihin erilaisia käsimittavälineitä, kuten kaarimikrometrejä, tankomikrometrejä ja mittakelloja. Näitä mittaustuloksia ei ole ollut tapana kirjata ylös.

4.3 Koordinaattikone

Yrityksessä on käytössä Zeiss -merkkinen koordinaattimittauskone. Pääsääntöisesti sillä tehdään mittauksia joistakin hammaspyöristä ja akseleista.

KMK:lla on rajallinen työskentelyalue, ja se rajoittaa koneella mitattavien kappaleiden kokoa. Myös koneessa mittaushetkellä käytettävä mittapää vaikuttaa mitattavan kappaleen maksimikokoon. Pääsääntöisesti sillä voidaan mitata kappaleita, joiden halkaisija on maksimissaan 1600 mm ja korkeus noin 600 mm.

Ennen varsinaista mittausta pitää koneelle ohjelmoida kappaleen mukainen mittausrata koneessa olevalla mittausohjelmalla. Etukäteen määriteltujen mittapisteiden avulla kone käy tunnistamassa kappaleen sijainnin mittausalueella.

Koneella mitataan kappaleista hammastuksen jako, profiili, suunta. Tarvittaessa kappaleista voidaan mitata heitto, tasopintoja, reikien paikkoja, akseleiden tai reikien halkaisijoita. Hammaspyörien mittaamiseen on erillinen ohjelma, jonka avulla tehdään hammastusten laatuluokittelu vaaditun standardin mukaisesti.

Tietojen tallentamiseen KMK-työpisteellä on käytössä erillinen verkkoyhteydellä oleva tietokone. Sillä hammastuksen luokitustiedot tallennetaan verkkolevyllä olevaan Excel-tiedostoon. Samalla käyttäjä tallentaa myös koneesta saatavan pdf-muotoon muunnetun kappalekohtaisen mittaustiedoston verkkolevyille. Se sisältää graafista kuvatietoa hammastuksen profiilista, kylkiviivasta, jaosta ja heitosta. Tietysti pdf-tiedostossa ovat myös mittalukemat graafisista esityksistä ja hammastuksen luokitustiedot.

4.4 Tarkastuspiste

Ennen kappaleiden lopullista hyväksymistä ne tarkastetaan tarkastuspisteessä. Mittatarkastuksissa käytetään käsimittavälineitä. Tarkastustoiminta ja kappaleiden erillisten tunnistetietojen merkintä koostuu useista erilaisista työvaiheista. Niitä ovat erilaiset mittatarkastukset, visuaalinen tarkastus, pinnan kovuusmittaukset, hammastuksen karkaisuhyvyyden todentaminen ja koekappaleiden hallinnointi, kappaleiden materiaalitunnisteiden tarkastukset, asiakkaiden tunnistetietojen leimaukset ja mahdollisesti erilliset tunnistelappujen asennukset sekä vaadittavat stanssaukset.

Tehtäviin kuuluu myös luokituslaitoksen luokituskäynnin aikainen yhteistyö luokittajan kanssa. Karkaisusyvyyden todentamista suoritetaan tuotantokappaleiden sarjalle karkaisun alkaessa ja sitä mukaan, kuin karkaistavia kappaleita on valmistunut.

Kiilauran toiminnon kannalta on kuitenkin tärkeää, että se ei ole liian pieni tai suurin määstä kohdasta. Tämän varmistamiseksi tulkeilla tehtävät tarkastukset ajavat hyvin asiansa, jos silloin tarkastetaan koko kiilaura.

Tarkastuspisteen toimintaan kuuluu myös hammastuksien tarkastukset ainetta rikkomattomalla MT-menetelmällä. Hammastukselle tehtävään särötarkastukseen on varattu oma pimennetty tila tuotantotiloista, koska menetelmä vaatii ultraviolettivalon käyttämistä, ja silloin näkyvä valo häiritsee oleellisesti menetelmällä tehtävää tarkastusta.

Lopputarkastuksessa mittauksia kirjataan paperiselle lomakkeelle tai piirustuksiin. Paperisista dokumenteista tiedot siirretään sähköiseen muotoon ja ne tallennetaan yrityksen verkkolevyllä oleviin kansioihin. NDT-tarkastajan antamien tietojen perusteella särötarkastus raportoidaan sähköisessä muodossa olevalle vakimuotoiselle tarkastuspöytäkirjapohjalle.

Eri NDT-menetelmien hallintaan on Euroopassa olemassa oma henkilöiden pätevyysjärjestelmä. Kaikki TG:llä MT-tarkastuksia suorittavat henkilöt ovat pätevytetty standardin EN 473 mukaan tasolle kaksi. Tasolle kaksi pätevytettyllä henkilöllä on pätevyys kyseisellä menetelmällä tehtävän tarkastuksen suorittamisen lisäksi myös arvioida näyttämiä ja verrata niitä hyväksymisrajoihin.

4.5 Dokumenttien käsittely

Mittaus- ja tarkastustoiminnasta syntyy paljon erilaista tietoa. Sen käsittely ja asiakkaille toimitettavan loppudokumentaation hallinta kuuluu TG:llä laatu toimintoihin.

Dokumenttien käsittelijä, joka on TG:llä laatuassistentti, käsittelee kaikki loppudokumentaatioissa tarvittavat dokumentit. Tehtäviin sisältyy myös tuotteiden luokitusajankohdan sopiminen tarkastajan ja luokittajan kanssa. Tuotteiden luokitusvaiheeseen kuuluu hyväksytty luokituskirje, ja se tarvitaan ennen kuin tuotteet voidaan luokitella. Tämän hyväksytyn kirjeen saamiseksi TG:lle laatuassistentti pitää yhteyttä asiakkaaseen ja luokituslaitokseen. Muiden dokumenttien saamiseksi laatuassistentti pitää yhteyttä muihin yrityksen toimintoihin sekä tarvittaessa myös yrityksen sidosryhmiin, esimerkiksi materiaalin toimittajiin materiaalitodistusten osalta. Yrityksellä on käytössä erillinen sähköposti materiaalitodistuksien toimittamiseksi, ja siihen materiaalitodistajat yleensä lähettävät omat todistuksensa.

Yleensä mittauksessa ja tarkastuksessa syntyvät tiedot on kirjattu erilliselle paperiselle lomakepohjille tai kappalekohtaisiin paperisiin valmistuspiirustuksiin. Koneellisesti tehtyjen mittausten käyttäjät siirtävät työpisteissä olevien tietokoneiden avulla

mittaustulokset yrityksen verkkolevyllä olevaan kansioon. Tarkastuspisteen dokumentit pitää saada sähköiseen muotoon, ennen kuin niitä liitetään tilauskohtaiseen dokumentaatioon. Paperisista dokumenteista tulokset kirjataan verkkolevyllä oleviin mitta- ja tarkastuspöytäkirjoihin. Liitteessä yksi on esitetty malli tarkastuspöytäkirjasta, johon tarkastajalta saadut mittatiedot on käsin erikseen syötetty. Näistä ja jo aiemmin kirjatusta mittaustuloksista kootaan tilauskohtainen mittaus- ja tarkastusdokumentaatio.

Tarkastuspöytäkirjat tallennetaan verkkolevyllä käyttäen toimintaohjeessa määriteltyjä tunnistamistapoja. Niitä ovat tunnistekoodi, joka kuvaa tuoteryhmää, ja vuosiluku sekä juokseva numero. Asiakkaalle tarvittavan loppudokumentaation kootaan kaikki siihen tarvittavat dokumentit, ja nämä kokonaisuudet tallennetaan erikseen asiakaskohtaisiin tiedostoihin käyttäen tilausnumeroa ja toimintaohjeessa määriteltyä tapaa. Yleensä kappalekohtaisessa dokumentaatioissa on vaatimuksena kopiot materiaalien aineistodistuksista sekä mitta- ja tarkastuspöytäkirjoista.

4.6 Luokitus

Takoma Gears Oy:n asiakkaat toimittavat tuotteita paljon laivanrakennus- ja offshore -teollisuuteen. Asiakkaiden liiketoiminta-alueiden myötä on valmistettavilla kappaleilla vaatimuksena usein myös ulkopuolisen luokituslaitoksen erillinen hyväksyminen eli luokitus. Asiakkaalta yritys saa tiedon siitä, mitä luokituslaitosta pitää käyttää kyseisen tilauksen tuotteiden luokituksessa. Luokituslaitoksia on useita, jotka luokitavat yrityksen tuotteita. Luokittajia ovat esimerkiksi seuraavat yritykset; Lloyd's Register of Shipping (LR), Det Norske Veritas (DNV), American Bureau of Shipping (ABS), China Classification Society (CCS) ja Russian Maritime Register of Shipping (RS).

Pääpiirteittäin tuotteiden luokittaminen etenee samanlaisella tavalla luokituslaitoksesta riippumatta. Luokitusprosessi alkaa Takoma Gears Oy:n asiakkaan lähettämästä kirjeestä luokituslaitokselle. Aineiston perusteella luokituslaitos tekee valmistettavista tuotteista hyväksyntäkirjeen asiakkaalle, ja asiakas toimittaa sen valmistavalle yritykselle, eli tässä tapauksessa TG:lle. Tämän jälkeen luokituslaitos antaa seurantanumerot kyseiselle tilaukselle, ja nämä numerot pitää kappaleen valmistajan merkitä stanssaamalla kappaleisiin. Luokittajan tarkastuskäynnin ja kappaleiden hyväksynnän jälkeen luokituslaitokselta toimitetaan niistä erillinen luokitustodistus. Luokituslaitoksen antama luokitustodistus tuotteiden hyväksymisestä liitetään loppudokumentaatioon.

Luokituslaitokset vaativat luokitettavilta kappaleilta seuraavanlaisia dokumentteja, ennen kuin voivat suorittaa niiden luokituksen:

- asiakkaan kirje luokituslaitokselle;
- luokituslaitoksen hyväksyntäkirje, jossa kaikki kommenttikohdat ovat hyväksytyinä;

- ainestodistukset materiaaleista; yleinen käytäntö luokituslaitoksilla on, että käytettävät materiaalit pitää olla niiden luokittamia;
- mittapöytäkirjat;
- tarkastuspöytäkirjat;
- pääpiirustus valmistettavasta kappaleesta.

Tarkastuskäynnillä tuotteet hyväksyttyään luokittaja merkitsee luokittamansa kappaleet stanssaamalla yrityskohtaisen leimansa jokaiseen kappaleeseen.

Nykyisessä toimintatavassa kappaleiden mittaustulokset kerätään ja kirjataan paperisille lomakkeille tarkastuspisteellä, lukuun ottamatta koneellisesti suoritettavaa mittausta.

Tarkastuspisteellä ja dokumentaatiovaiheessa mittaustuloksista hyödynnetään pääosin vain hammastukselle tehty mittaukset ja luokittelutiedot. Kääntökehien mittausta suoritetaan koneistuskeskuksilla, ja nämä tulokset kirjataan suoraan sähköiseen muotoon hyödyntäen taulukkolaskentaohjelmaa.

Kääntölaakereiden kokoonpanossa käsimittavälineillä suoritettut mittaukset kirjataan suoraan sähköiseen muotoon verkkolevyllä olevaan Excel-tiedostoon.

Tarkastuspisteellä syntyneistä paperisista lomakkeista dokumenteista vastaavat laatuassistentit tallentavat tiedot myöhemmässä vaiheessa sähköiseen muotoon samoille lomakepohjille, joita on käytetty paperisina mittaustulosten kirjaamislomakkeina tarkastuspisteellä. Sähköisessä muodossa olevista dokumenteista ja paperisista ainestodistuksien kopioista kootaan yhtenäinen tilauskohtainen sähköisessä muodossa oleva dokumenttiaineisto. Tämä aineisto tulostetaan luokitusta varten, tai jos luokitusta ei tarvitse tehdä, aineisto tallennetaan verkkolevyllä. Luokituksen jälkeen aineisto arkistoidaan arkistomappeihin ja verkkolevyllä olevaan kansioon sekä toimitetaan asiakkaalle.

4.7 Toiminnanohjausjärjestelmän toiminta

TG:llä toimintamallina on, että Lean System -järjestelmään on aina luotava työtunnus, (TT) ennen kuin tuotteiden valmistaminen voidaan aloittaa. Työtunnuksen luominen ei kuitenkaan vaadi tilausnumeroa järjestelmään, vaan sellainen voidaan tarvittaessa myöhemmin osoittaa työtunnukselle. Kuitenkin työtunnukselta voidaan myös osoittaa haluttuja tuotteita jollekin työtilaukselle, ja näin ollen valmistusta on voitu suorittaa ilman varsinaista työtilausta.

Kappalekohtainen seurantaominaisuus Lean System -järjestelmässä ei ole suoraan riippuvainen työtunnuksesta, vaan kerätyt seurantatiedot seuraavat kappalekohtaista sarjanumeroa. Nämä sarjanumerot ovat riippuvaisia työtunnuksesta valmistuksen ja varastoinnin aikana. Toiminnanohjausjärjestelmässä voidaan tuotteita ohjata siis

varasto-ohjautuvana tai tilausohjautuvana. Tilausohjautuvassa tavassa kaikki valmistettavat kappaleet ovat jo myytyjä, ja varasto-ohjautuvassa tavassa osa kappaleista voi olla myytyjä tai mahdollisesti kaikki kappaleet valmistetaan varastoon.

5. EHDOTUKSET JA KEHITYSTOIMET

Nykyistä lopputarkastuspainotteista toimintatapaa muuttamalla saadaan vähennettyä sellaista mahdollisuutta, että kappaleesta mitataan useampaan kertaan samaa valmista kohtaa eri tuotantovaiheissa. Mittaustuloksen kirjaaminen työvaiheen päätteeksi mahdollistaa tarkastuspisteellä kappaleen tarkastamiseen tarvittavan ajan vähenemisen. Perinteinen menetelmä tiedon keräämiseen hidastaa Pourin (1997) mukaan tulosten analysointia ja vaikeuttaa mahdollisten virheiden korjaamista.

Kappaleelle tarvittavaa kokonaistuotantoaikaa on mahdollista pienentää, koska mittatuloksen kirjaaminen valmistusvaiheessa ei juuri lisää kappaleelle tarvittavaa valmistusaikaa. Valmistusaika ei juuri lisäännä, koska mittaustulosten kirjaaminen voidaan usein tehdä koneistuksen aikana. Koneistuksia suorittavan koneistajan työmäärä lisääntyy hieman valmistusvaiheissa johtuen mittaustulosten kirjaamisesta. Hiontakoneella tulosten kirjaaminen lisää vain työmäärää, koska hiontavaiheen aikana on hyvin aikaa tehdä tarvittavia kirjauksia. Koneellinen mittausaika KMK:lla kasvaa hieman joidenkin kappaleiden osalta. Vastaavasti tarkastuspisteellä mittatarkastuksiin kuluva aika kappaletta kohden pienenee tai joiltakin osin loppuu kokonaan.

Nykyisenä toimintatapana on, että koneistajat mittaavat kappaleista koneistamansa kohdat ennen kuin vapauttavat niitä eteenpäin tuotannossa. Mittatuloksen kirjaaminen järjestelmään lisää vain hieman työmäärää. Jos vielä tuloksen kirjaamisen oikea paikka löytyy järjestelmästä käyttäjälle nopeasti ilman tarpeetonta järjestelmän selailua tai haaskelua, niin vaadittu kirjaustapahtuma on nopea suorittaa työskentelyn aikana ja kynnys kirjaamiseen pienenee.

Parannusehdotukset ja ratkaisumallit perustuvat nykytilakartoituksessa tehtyihin havaintoihin ja eri teorioihin. Nykyistä toimintatapaa voidaan parantaa toimimalla ehdotusten ja mallien mukaisesti. Tälle työlle asetetut tavoitteet voidaan todennäköisesti saavuttaa hyödyntämällä ratkaisumalleja.

Ratkaisumalleissa mittaustiedon kerääminen ja hyödyntäminen on ryhmitelty kokonaisuuksiksi, jotka liittyvät toisiinsa. Molemmissa ratkaisumalleissa saavutetaan etuja, kun niitä verrataan nykyiseen toimintamalliin. Ratkaisuvaihtoehtoissa mittatiedot saadaan kerättyä sähköiseen muotoon ja kappaleista saadaan kerättyä nykymallin mukaiset tiedot sekä tarvittaessa myös muita mittatietoja. Ratkaisumallien mukaisesti toimimalla mittatieto on nopeasti hyödynnettävissä erilaisiin tarpeisiin. Ratkaisumallien avulla saadaan pienennettyä tiedon viivettä tarkastustilanteesta, eivätkä mittatiedot ole vain paperisilla lomakkeilla, kunnes ne siirretään sähköiseen muotoon.

Tiedon kokonaishallinnassa tarvittava toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen ja uusi ehdotus kirjausvaiheiden suorituksesta tuotantovaiheissa sekä ehdotus muista mitattavista kohdista esitetään omina kohtinaan.

Tuotantovaiheiden ja nykytoiminnan avulla on määritelty uudet kirjausvaiheet, joissa mittaustuloksia kannattaa kerätä.

Ratkaisumallien välisiä hyötyjä on arvioitu vaihtoehdon esittelyn kohdalla. Ratkaisumallien hyödyntämiseen liittyvien etujen ja mahdollisuuksien keskinäinen arviointi on esitetty näiden mallien kohdalla.

Kappaleista täytyy kirjata myös materiaalin sulatusnumerot ja valuista aihion valunumerot tarkastuspöytäkirjoihin. Nämä tiedot eivät kuulu mittaustietoihin, mutta niitä on käsitelty tässä työssä materiaalien jäljitettävyyden tärkeyden vuoksi.

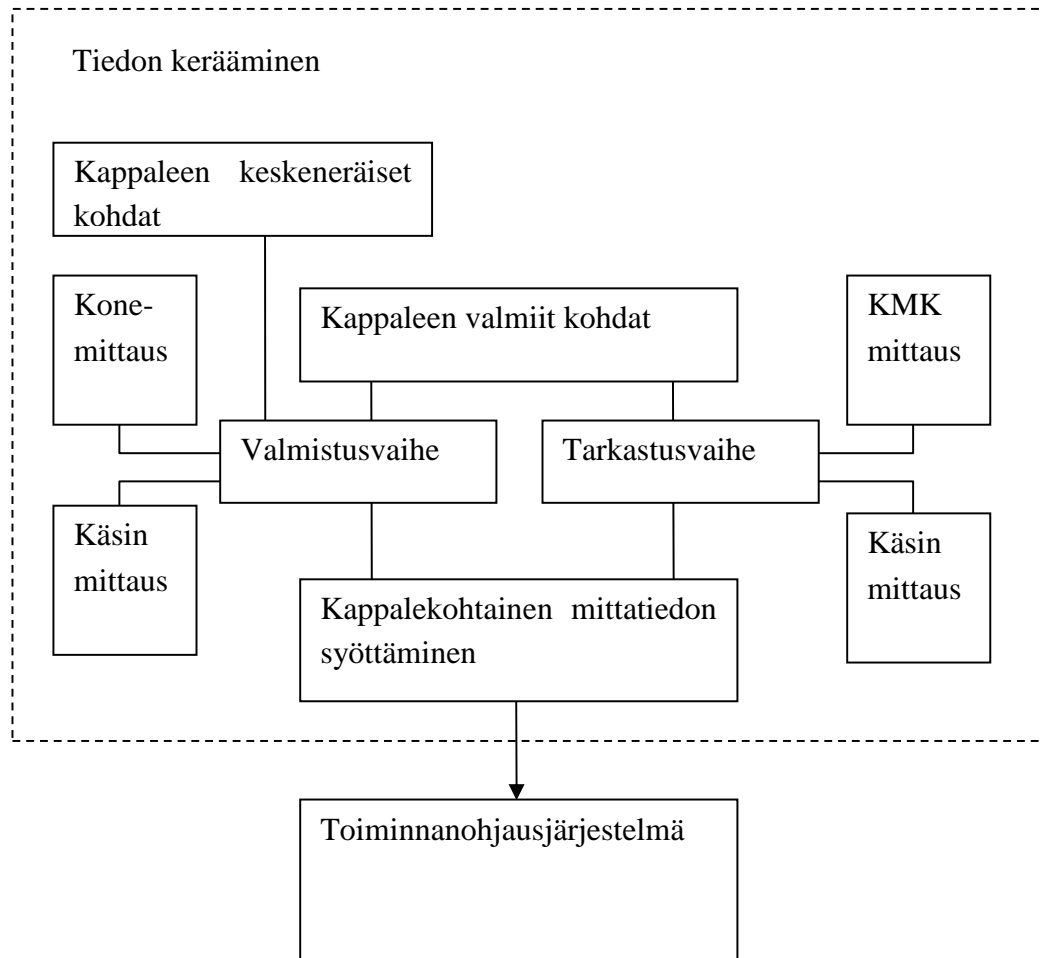
Valunumerolla valukappale yksilöidään järjestelmään ja tuotannon ensimmäisessä vaiheessa voidaan valunumero- ja sulatusnumerotiedot syöttää järjestelmään.

Tarvittava tiedonsiirtotekniikka ja käyttömahdollisuus tuotantotiloissa sekä näihin liittyvät ohjelmistosovellukset pitää kaikissa ratkaisuvaihtoehdoissa olla käytettävissä tietoteknisten laitteiden hyödyntämisessä.

Mittalaittevalmistajilla on tarjolla sovelluksia mittatiedon keräämiseen ja tuotannon seurantaan. Niissä on tehtävä vastaavat määrittelyt mittauskohdille kuin esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmässä. Lisäksi myös kappale- ja yleistiedot on lisättävä järjestelmään. Usein tilastolliseen seurantaan liittyvät ominaisuudet sisältyvät näihin ohjelmiin. Tällaiset ohjelmat eivät kuitenkaan olleet toteutuksen vaihtoehtona, koska toteutus on tarvittavassa laajuudessa mahdollista tehdä esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän ominaisuuksia hyödyntämällä.

5.1 Mittatiedon kerääminen

Mittaustiedon kerääminen on jaoteltu tuotantovaiheisiin sekä mittatiedon muuntamiseen sähköiseen muotoon. Tiedon keräämisen kokonaisuus esitetään kuvassa kuusi, josta nähdään tiedon keräämiseen liittyvät eri jaottelut:



Kuva 6. Tiedon keräämisen kokonaisuus

Kuvassa kuusi tuotantovaiheet on jaettu valmistusvaiheisiin ja tarkastusvaiheisiin. Tuotantovaiheet sisältävät käsin suoritettavan mittauksen sekä koneellisesti tehtävät mittaukset koordinaattimittauskoneella, hiontakoneella ja koneistuskeskuksilla.

Tässä työssä esitellään tuotannonohjausjärjestelmästä saatavien tuoteryhmien yleisnimien avulla eri valmistus- ja tarkastusvaiheissa suoritettavien mittausten mahdollisuuksia. Näihin eri yleisnimisiin tuoteryhmiin kuuluvat kaikki muodoltaan ja toimintaperiaatteeltaan samankaltaiset tuotteet. Tuotteet voivat erota toisistaan joiltakin osin esimerkiksi materiaalin, muodon, mittojen, valmistusvaiheistuksen ja vaaditun karkaisumenetelmän osalta.

Tarkastusvaiheet on jaettu koordinaattimittauskoneella tehtävään koneelliseen mittaukseen ja tarkastuspisteellä käsin suoritettavaan mittaukseen. Tarkastusvaiheessa tehtävät mittaukset ovat aina valmiiden kohtien mittauksia.

Valmistusvaiheissa tehtävät mittaukset on jaettu kahteen osaan: hiontakoneella tai koneistuskeskuksella tehtäviin mittauksiin ja käsin suoritettaviin mittauksiin. Valmistusvaiheessa kappaleista voidaan mitata sekä valmiita että keskeneräisiä kohtia.

Tässä työssä valmiit kohdat tarkoittavat kappaleen sellaisia kohtia, joihin ei tehdä enää koneistuksia. Keskeneräisiin kohtiin tehdään vielä joitain koneistuksia. Luvussa 5.5 ”Mittatietojen kirjausvaiheet” on perusteltu sitä, miksi tiettyyn tuoteryhmään kuuluvien kappaleiden mittausta kannattaisi tehdä tietyssä valmistusvaiheessa.

Eri valmistusvaiheissa koneistajat voivat suorittaa myös käsimittavälineillä tehtäviä kirjattavia mittauksia, koska koneistajien työhön kuuluu kappaleiden mittaaminen. He myös vastaavat tekemästensä työstä ja sen oikeellisuudesta. Henkilöstön toiminta ja vastuut on kuvattu yrityksen toimintajärjestelmän toimintaohjeessa.

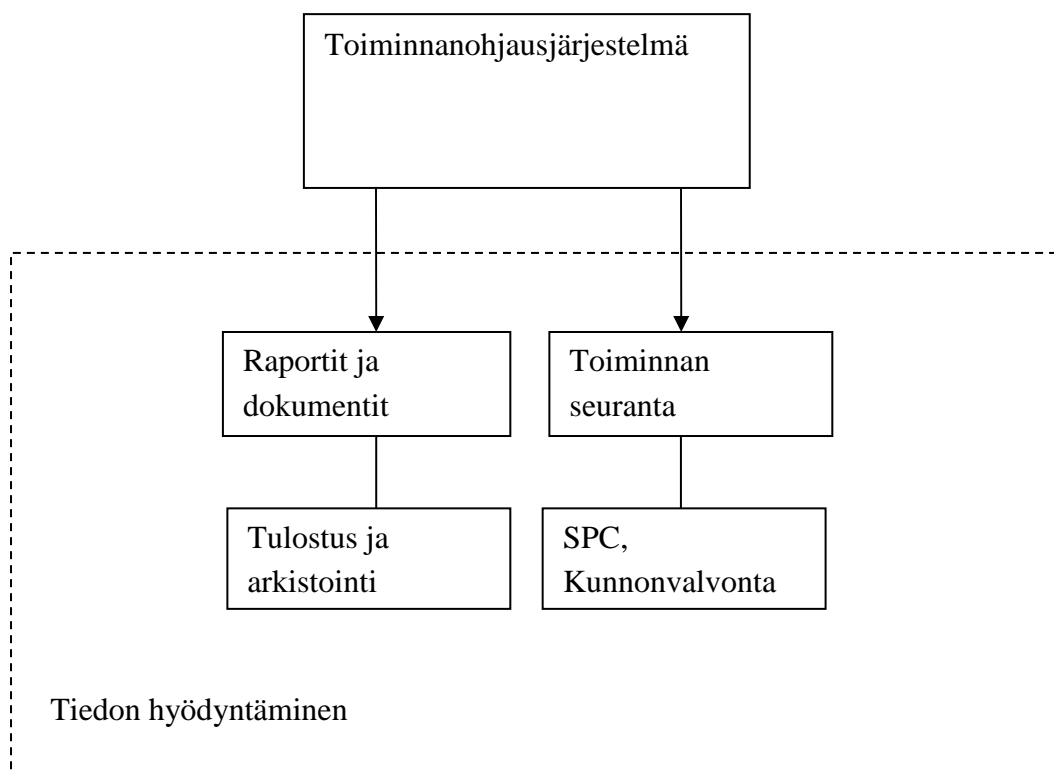
5.2 Mittatiedon hyödyntäminen

Tässä työssä mittatiedon hyödyntämisessä keskitytään raporttien ja muiden tarvittavien dokumenttien hallintaan. Lisäksi pohditaan myös sitä, miten mittatietoja voisi TG:llä muuten hyödyntää. Työssä esitetyille ratkaisumalleille on yhdistetty oma hyödyntämismalli, jossa esitetään mahdollisuuksia tiedon hyödyntämiseen.

Mittatiedon hyödyntämistä on ollut tarkoitus helpottaa työntekijän näkökulmasta nopeuttamalla raportoinnin ja dokumentaation muodostusta. Tarkoitus oli myös pystyä lisäämään mittatiedon hyödynnettävyyttä erilaisissa seurantatoiminnoissa.

Sähköiseen muotoon kerättyä numeerista mittatietoa voidaan käsitellä monella tavalla, ja sitä voidaan hyödyntää moneen erilaiseen tarkoitukseen. Mikäli tieto sijaitsee tietokannoissa tai muuten tallennettuna ja aina yksiselitteisesti määritellyssä paikassa, voidaan sitä hyödyntää hyvin joustavasti. Mittatietoa voidaan hyödyntää erilaisissa laskentatapahtumissa, erilaisissa raporteissa ja myös yrityksen tuotannon ja laadun seurannassa.

Kuvassa seitsemän on esitetty tiedon hyödyntämisen kokonaisuus.



Kuva 7. Tiedon hyödyntämisen kokonaisuus

Esityksessä erilaiset hyödyntämistavat ovat sidottuina vastaaviin ratkaisumalleihin. Tässä työssä on päädytty tällaiseen ratkaisuun seurannan vuoksi. Sen monipuolinen hyödyntäminen ja tehokas toteuttaminen vaativat työssä esitetyn ehdotusten käyttämistä.

5.3 Toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen

TG:llä käytössä olevaa toiminnanohjausjärjestelmää voidaan käyttää mittaustulosten kirjaamisessa ja hyödyntämisessä. Lean System:ssä on seurantatietojen kirjaustoiminto, jota hyödyntämällä voidaan tallentaa kappalekohtaisia tietoja tuotantovaiheissa. Kappalekohtainen seurantatietojen käyttäminen edellyttää kappaleen yksilöintiä toiminnanohjausjärjestelmään. Yksilöinti voidaan tehdä esimerkiksi sarjanumeroinnilla. Seurantatietoja varten täytyy olla määriteltynä se, mitä tietoa halutaan kirjata. Näistä tiedoista voidaan muodostaa omat kokonaisuudet, jotka sitten kohdistetaan halutulle kappaleelle. Kun tiedetään kappaleen tuotantovaiheet ja tuotantovaiheissa tehtävät toiminnot, niiden avulla voidaan määritellä nimikekohtaisesti eri tuotantovaiheissa käytettävät kirjattavat kokonaisuudet.

ERP:tä hyödynnetessä mittatiedot ovat tallennettuna sähköiseen muotoon yhdessä paikassa. Silloin käytössä on aina viimeinen tieto, jonka oikeellisuuteen voidaan luottaa. Tällöin tiedon hallintaan on käytössä vain yksi järjestelmä, eikä sen lisäominaisuuksien

hyödyntäminen lisää kovin paljon henkilöstön koulutustarvetta verrattuna uuden järjestelmän hyödyntämiseen.

Järjestelmästä on mahdollista saada selville myös kappalekohtainen tarkastustilanne lähes reaaliajassa. Tällöin varasto-ohjautuvien kappaleiden tarkastustilanne on kaikille selvillä ja voidaan välttyä sellaiselta tilanteelta, että tarkastuksia ei ole tehty, kun tuotteet pitäisi lähettää asiakkaalle.

ERP-järjestelmään tieto tarvitsee yleensä kirjata vain kerran. Esimerkiksi tilauksen yhteydessä tallennettuja yleistietoja voidaan hyödyntää erilaisten raporttien yhteydessä. Tällöin käsityön määrä vähenee ja virhemahdollisuudet pienenevät, raporttien muodostaminen yksinkertaistuu ja nopeutuu sekä kopiointitarve pienenee. Ohjelmassa myös varastoon tehdyistä kappaleista voidaan valita ne, mitkä kohdistetaan tilaukselle ja niiden mittatiedot voidaan tulostaa omalle pöytäkirjalle.

ERP:tä hyödyntämällä myös tuotantovaiheiden toiminnanseuranta on mahdollista toteuttaa helpommin. Yrityksen käytössä olevassa Lean System -järjestelmässä olevaa raportointikuutiota on mahdollista hyödyntää toiminnan seurannassa.

Raporttien tulostaminen voidaan tehdä suoraan ERP-järjestelmästä tai hyödyntää erillistä ohjelmistoa. Toiminnanohjausjärjestelmästä saatavan tulosteen muokkaaminen on hyvin rajallista ja vaatii usein ohjelman kehittäjän toimenpiteitä. Sen vuoksi erillisen tulostusohjelmiston hyödyntämisen etuna on mahdollisuus raporttien muokkaamiseen halutunlaiseksi.

5.4 Ratkaisuehdotukset mittatiedon hallintaan

Peruslähtökohtana molemmissa esitetyissä ratkaisumalleissa on se, että mittatiedot saadaan tallennettua sähköiseen muotoon nopeammin. Myös nykyisessä toimintatavassa peruslähtökohta tietysti toteutuu tuotantovaiheen lopuksi. Nykymallin mukaiset kirjattavat mitat tarkoittavat tuotenimikkeistä nykytoiminnan mukaisia kerättyjä mittaustietoja.

Mittatiedon keräämiseksi ja kirjaamiseksi on ratkaisumalliin määriteltä kyseisiin toimintoihin tarvittavat osa-alueet. Näitä ovat:

- kirjattavat mitat;
- kirjausvaihe;
- kirjausväline;
- sovellus.

Kappaleista kirjattavat mitat voivat olla niitä, joita on totuttu keräämään ja kirjaamaan tai muita erilaisten tarpeiden avulla määriteltäviä mittoja. Kirjausvaihe noudattaa osin nykyistä toimintatapaa, tai se voidaan määritellä työni ehdotuksen yksi mukaisesti.

Kirjaamisessa käytettävä kirjauslaite voi olla tietokone tai vastaava riippuen tuotantovaiheesta. Kirjauslaitteen avulla mittatieto saadaan sähköiseen muotoon, ja samalla pystytään myös vaikuttamaan siihen, miten tehokasta ja käytännöllistä kirjauksen suorittaminen on.

Sovelluksen avulla taas mittaustiedot saadaan tallennettua niille määriteltyyn paikkaan. Sovellus sisältää mittatiedon tallennuspaikan, ja valitusta ratkaisusta riippuen myös edellyttää sen kirjaamista kyseisessä tuotantovaiheessa.

Vaikka tarkastuspisteellä suoritettava MT-tarkastus ei ole mittaustietoa, niin suoritusmerkintä siitä kannattaa tehdä toiminnanohjausjärjestelmään työtunnukselle omana työvaiheena. Näin kaikki ovat selvillä siitä, mitkä kappaleet on MT tarkastettu.

Työni kohdassa 5.7 ehdotus kaksi on esitetty perusteluita muihin kappaleista mitattaviin kohtiin, ja niitä voidaan tarvittaessa lisätä kumpaankin esitettyyn ratkaisumalliin.

Kerätyn tiedon hyödyntäminen raportoinnissa on ratkaisumallissa yksi nykytoiminnan mukaista, koska tiedot syötetään jo käytössä oleviin pöytäkirjoihin. Ratkaisumallissa kaksi on luotu uusi tapa kirjaukseen ja raportointiin.

Yleensä tiedon siirtäminen Excel-mittapöytäkirjoista toiminnanohjausjärjestelmään ei ole järkevää, vaikka se olisi mahdollista ERP:n tiedonsiirto-ominaisuuksia hyödyntämällä. Tällainen toimintatapa olisi paljon monimutkaisempi ja enemmän aikaa vaativa kuin sellainen, jossa hyödynnetään heti ERP:tä tiedon syöttämiseksi.

Kyseinen toimintatapa TG:llä vaatisi paljon erilaisia määrittelyjä, ja sen myötä tarkastuspöytäkirjojen yhdenmukaisuutta. Nyt tarkastuspöytäkirjojen sarakkeet ja rivit ovat olleet vapaasti täytettävissä, eikä niitä ole tiedon suhteen mitenkään määritelty. Näin tarkastuspöytäkirjoista haettava tieto ei ole aina samalla rivillä tai samassa kohdassa, mikä käytännössä jopa estää tiedon sisäänluvun järjestelmään. Haettavalle tiedolle on myös määriteltävä paikka ERP:ssä, ja silloinhan ollaan tilanteessa, että tieto voidaan suoraan syöttää myös ERP:hen.

Toiminnasta ei saada etua, koska tällaisessa monimutkaisessa toimintatavassa tietojen siirtoon tulisi viive. Tietojen siirto tarkastuspöytäkirjoista tietokantaan pitää yleensä ajastaa tehtäväksi esimerkiksi kerran vuorokaudessa.

5.4.1 Ratkaisumalli 1 ja sen hyödyntäminen

Tämän mallin avulla mittatiedot tallentuvat heti, eikä niitä tarvitse enää erikseen muuttaa sähköiseen muotoon. Seurantamahdollisuuksien hyödyntäminen on hyvin rajallista tai vaatii paljon käsityötä. Kaikki tarvittava tieto on eri kansioissa verkkolevyllä, ja sen yhdistäminen omaksi kokonaisuudeksi on aikaa vaativa toimenpide. Mallissa yksi tieto tallennetaan tarkastuspöytäkirjoihin, jotka ovat verkkolevyillä olevissa kansioissa. Tarvittavien pöytäkirjojen ja dokumenttien tulostaminen suoritetaan nykytoiminnan mukaisesti. Verkkolevyiltä valitaan oikeat pöytäkirjat ja dokumentit tulostettavaksi.

Kirjauslaite otetaan käyttöön tarkastuspisteen toiminnassa. Sen avulla tarkastuspöytäkirjoissa vaaditut mittatulokset kirjataan suoraan verkkolevyllä oleviin tarkastuspöytäkirjoihin tarkastuspisteellä. Alla on yhteenveto ratkaisun osa-alueista:

- kirjattavat mitat ovat nykymallin mukaiset;
- kirjausvaiheina nykymuotoinen toimintatapa, joka on esitetty kohdassa 4;
- kirjausvälineinä tietokone ja erillinen kirjauslaite;
- sovelluksena Excel-muotoiset pöytäkirjat verkkolevyllä.

Mallin yksi avulla nykyiseen toimintatapaan verrattuna hyödytään käytännössä vain siitä, että tarvittavia kirjauksia ei tarvitse enää tehdä kahteen kertaan. Mahdollisuudet mallin yksi monipuoliseen hyödyntämiseen ovat kokonaisuutena epäedullisemmat kuin hyödynnettäessä toiminnanohjausjärjestelmää. Tässä mallissa dokumentaatioissa tarvittavat pöytäkirjat on mahdollista käsityönä valita verkkolevyllä olevista tiedostoista. Näin muodostettu dokumentaatio voidaan sitten tulostaa tai muuttaa haluttuun tiedostomuotoon.

Kun valmistetaan varasto-ohjautuvia tuotteita, kaikille erän tuotteille ei ole olemassa tilausta. Tiedon keräämisessä tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että verkkolevyllä on tallennettava työtunnuksen mukaiset tarkastuspöytäkirjapohjat. Niihin vaaditut kirjaukset voidaan tehdä eri tuotantovaiheissa. Tarkastusdokumentaatiota tehtäessä kappaleet ja niiden mittatiedot pitää valita tietokoneella käsityönä näistä työtunnuksen mukaisista tarkastuspöytäkirjoista. Nykyisessä toimintatavassa tämä on hoidettu paperisilla muistiinpanoilla, joista on voitu valita kappaleiden tiedot tilaukselle.

5.4.2 Ratkaisumalli 2 ja sen hyödyntäminen

Ratkaisumallissa kaksi muutokset ovat suurempia kuin ratkaisumallissa yksi. Tässä ratkaisumallissa tieto on tallennettu ERP:n tietokantaan, josta sitä voidaan hyödyntää erilaisiin tarkoituksiin. Kappalekohtainen seuranta on mahdollista ja tiedot ovat hallitusti toiminnanohjausjärjestelmässä. Tarkastuspöytäkirjojen tulostaminen on

mahdollista suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä valitsemalla tilaukselle valitut sarjanumerot.

Mittatiedon kirjaamisessa hyödynnetään toiminnanohjausjärjestelmän seurantatiet ominaisuuksia. Mittatiedot kirjataan järjestelmään kappalekohtaisesti kirjauslaitteen avulla. Tietojen hyödyntäminen on vähemmän käsityötä vaativaa kuin ratkaisumallissa yksi. Alla on yhteenveto ratkaisun osa-alueista:

- kirjattavat mitat ovat nykymallin mukaiset;
- kirjausvaiheina nykymuotoinen toimintatapa, joka on esitetty kohdassa 4 tai kirjaus eri tuotantovaiheissa ehdotuksen yksi mukaisesti;
- kirjausvälineinä tietokone ja erillinen kirjauslaite;
- sovelluksena toiminnanohjausjärjestelmä.

Tämän mallin hyödyntäminen edellyttää seurantaominaisuuksien määrittelyjä toiminnanohjausjärjestelmään. Määrittelyyn tarvittavat periaatteet on esitetty kohdassa 5.3 Toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen. Tämä ratkaisumalli ei vaadi mittatietojen kirjauksia eri valmistusvaiheissa, vaan kirjausvaiheet voidaan suorittaa nykyiseen tapaan. Mittatiedot voidaan kuitenkin syöttää myös eri tuotantovaiheissa ja sitä voidaan myös ohjelmallisesti vaatia.

Vaihtoehtoisesti ratkaisumallissa kirjaukset voidaan kohdistaa kappaleiden eri tuotantovaiheisiin. Tämä on selkeä muutos tähän ratkaisumalliin ja se lisää mahdollisuuksia toiminnan seurantaan. Kirjausvaiheet määritellään toiminnanohjausjärjestelmässä tämän työn ehdotuksen yksi mukaan, jolloin mittatiedot saadaan määriteltä järjestelmään valmistus- ja tarkastusvaihekohtaisesti.

Tämä ratkaisumalli mahdollistaa mittatiedon kirjaamisen eri tuotantovaiheissa hallitusti niin, että tuotantovaiheita ei voida kuitata järjestelmään valmiiksi ennen kuin ohjelman pyytämät tiedot on annettu.

Toiminnanohjausjärjestelmän seurantatieto-ominaisuuksia voidaan hyödyntää myös MT-tarkastuksen kappalekohtaiseen seurantaan. Kun merkintä tarkastuksesta on tehty kappalekohtaisesti, voidaan valituista kappaleista tulostaa myös erillinen MT-tarkastuksen pöytäkirja.

5.4.3 Yhteenveto ratkaisumalleista

Seuraavassa esitetään tiivistetty yhteenveto molempien ratkaisumallien toiminnoista ja niiden välisistä eroista. Ratkaisumalleja on vertailtu keskenään, ja samalla on pohdittu myös malleista saatavia hyötyjä pitkällä aikavälillä. Samalla pohditaan myös uuden mallin käyttämisestä mahdollisesti muodostuvia säästöjä. Yhteenveto ratkaisumalleista on esitetty taulukossa yksi.

Toiminto	Ratkaisumalli 1	Ratkaisumalli 2
Tiedon sijainti ja hallinta	Eri kansiot verkkolevyllä	ERP:n tietokanta
Paikka mittatiedon syöttämiseen	Excel muotoinen pöytäkirja	ERP:n seurantatietokenttä
Tiedon kirjausvaihe	Ei määriteltävissä ohjelmallisesti	Voidaan määrittää vaiheet ja vaatia kirjausta ohjelmallisesti
Laite tiedon syöttämiseksi	Tietokone tai kirjauslaite	Tietokone tai kirjauslaite
Mittatiedon yhdistäminen raportteihin	Tilausohjautuva, raporttipohja on täytetty tiedon keräysvaiheessa Varasto-ohjautuva, vaatii käsityötä	Ei ole riippuvainen tuotteen ohjauksesta
Yleistietojen yhdistäminen raportteihin	Käsityönä jokaiseen raporttiin	ERP:iin kerran syötetyt yleistiedot siirtyvät raporttiin
Mittauspöytäkirjat	Nykyiset Excel-pöytäkirjat	Uusi pöytäkirjamalli
Tilauskohtainen dokumentaatio	Dokumentit ovat sähköisessä muodossa	Dokumentit ovat sähköisessä muodossa

Taulukko 1. Yhteenvedo ratkaisumalleista

Kummassakaan ratkaisumallissa ei enää käytetä paperisia muistiinpanoja, vaan tiedot syötetään kirjausvälineen avulla heti sähköiseen muotoon. Mittauksen suorittaja tekee mittatiedon kirjauksen, jolloin ei enää erikseen tarvitse kirjata mittatuloksia järjestelmään. Tämä toimintatapa poistaa tiedon kaksinkertaisen kirjauksen, ja on selkeää toimintatapojen tehostamista nykyiseen toimintatapaan verrattuna.

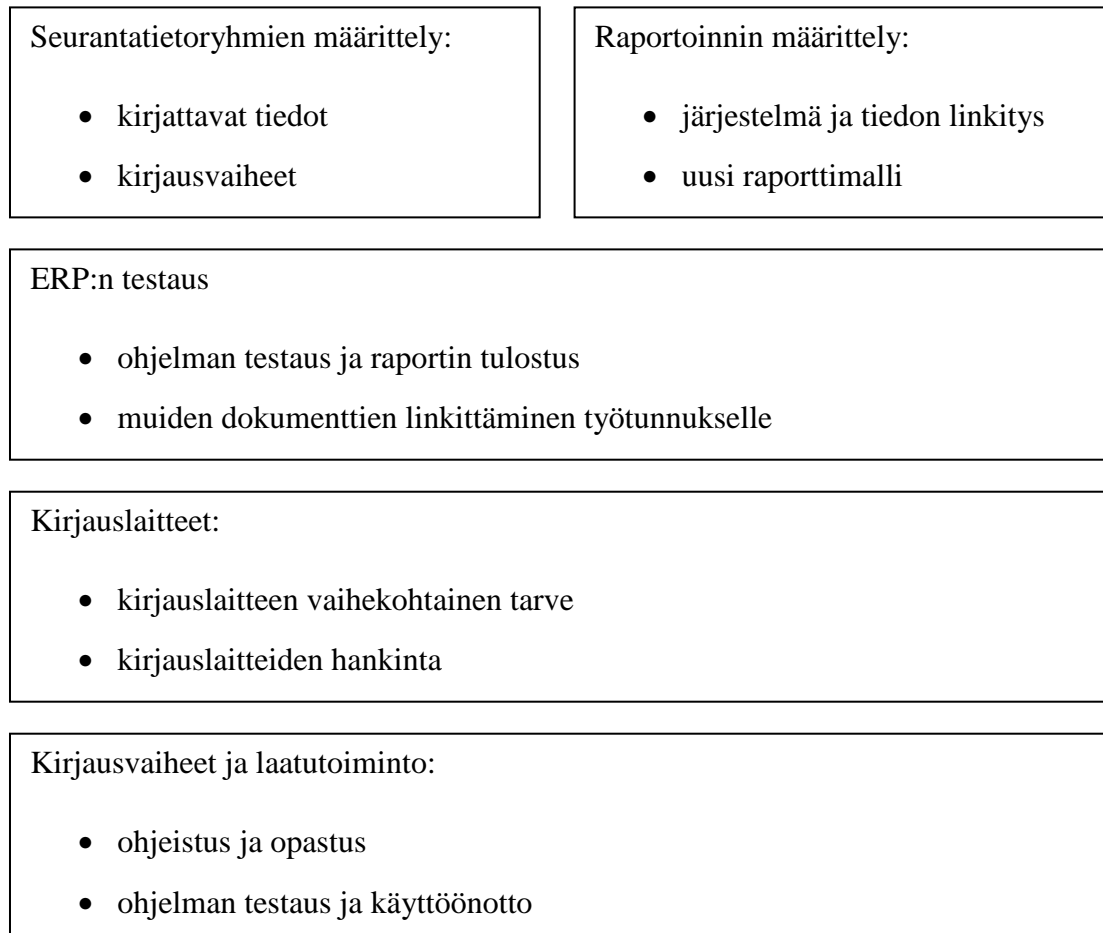
Molemmat ratkaisumallit edellyttävät kirjausvälineen tarvekartoitusta ja hankintaa ainakin tarkastuspisteelle. Ratkaisumallissa yksi kustannukset eivät juuri lyhyellä aikavälillä muuten kasva.

Ratkaisumallissa kaksi kustannukset lisääntyvät enemmän lyhyellä aikavälillä, koska toiminnanohjausjärjestelmään pitää tehdä tarvittavat määrittelyt. Myös järjestelmän testausvaihe ja käyttöönotto kasvattavat kustannuksia verrattuna ratkaisumalliin yksi.

Pitkällä aikavälillä ratkaisumallista kaksi saadaan säästöjä, koska raportoinnissa tarvittava käsityön määrä on hyvin pieni ja ERP-järjestelmä mahdollistaa kertaalleen syötetyn tiedon hyödyntämisen. Esimerkiksi yleistietoja ei tarvitse enää syöttää useampaan kertaan.

Ratkaisumalli kaksi valittiin toteutettavaksi, koska siinä hyödynnetään käytössä olevaa toiminnanohjausjärjestelmää, ja kokonaishyödyt ovat siinä suuremmat kuin ratkaisumallissa yksi. Mallia kaksi hyödyntämällä saadaan enemmän ajansäästöä myös dokumenttien käsittelyssä, ja toimintatapoihin ei vaikuta se, valmistetaanko tuote tilausohjautuvasti vai varasto-ohjautuvasti.

Valitun ratkaisumallin toteuttamiseksi on luotu tiekartta (road-map) eri suoritusvaiheista, ja se on esitetty kuvassa kahdeksan.



Kuva 8. Ratkaisumallin kaksi toteutuksen road-map

ERP:ssä on olemassa erillinen testikanta, johon kaikki määrittelyt kannattaa ensimmäisenä luoda. Testikannassa voidaan valita tuotantokappaleita vastaavia nimikkeitä. Ominaisuuksien toimivuuden todennuksen jälkeen ne siirretään varsinaiseen tuotantotietokantaan.

Ensimmäisenä toiminnanohjausjärjestelmän on määriteltävä tuotenimikekohtaiset seurantatietoryhmät, joihin on määriteltävä kirjattavat mitat ja kirjausvaiheet. Samalla määritellään ohjelma, jolla raportointi tulostetaan. ERP:stä saadaan muodostettua tuloste, mutta sen yksilöllinen muokkaaminen on rajallisempaa kuin hyödynnettäessä erillistä ohjelmistoa. Liitteen yksi raportin kanssa identtistä raporttia ei ole mahdollista

saada suoraan Lean System -järjestelmästä. Tässä vaiheessa on määriteltävä tulosteelle asetettavat vaatimukset ja valittava käytettävä järjestelmä. Samalla muodostetaan tulosteesta malli ja tehdään toiminnanohjausjärjestelmään tarvittavat linkitykset siitä, mitä tietoja tulostukseen halutaan liittää.

Näiden vaiheiden jälkeen ERP:n testikannassa voidaan suorittaa ohjelmallisia testejä. Samalla testataan muiden sähköisten dokumenttien liittäminen työtunnukselle.

Seuraavaksi selvitetään tarve kirjausvälineelle eri kirjausvaiheissa. Kirjausvälineen pitää soveltua tuotantovaihekohtaiseen mittatiedon kirjaamiseen. ERP:n seurantatietominaisuutta hyödynnettäessä pitää ohjelmiston toimia valitussa kirjausvälineessä. Tällä hetkellä markkinoilla on erilaisia kirjausvälineitä saatavilla, mutta esimerkiksi tabletti tai vastaava olisi hyvä vaihtoehto. Kirjausvälineeltä vaaditaan seuraavanlaisia ominaisuuksia:

- kannettava malli vaihtoakuilla ja latauslaitteet;
- toiminnanohjausjärjestelmän käyttämismahdollisuus;
- langaton verkkoyhteys;
- viivakoodin lukijan käyttömahdollisuus;
- näytön toiminta kirkkaassa valossa;
- pölyn ja öljyn kestävyys;
- pienten kolhujen kestävyys;
- käytettävyys.

Tuotantotiloissa jokaisella kirjauksia tekevällä työpisteellä ei ole verkkokaapelointia valmiina. Taulukot 2 - 4 sisältävät tiedon siitä, missä tuotantovaiheissa tietokone on tällä hetkellä käytettävissä. Kirjausvälinettä käytetään tuotantotiloissa, ja sen vuoksi laitteella pitää olla luetellun kaltaiset kestävyys- ja muut ominaisuudet. Laitteen käytettävyys on tärkeää, koska mittatiedon syöttäminen järjestelmään pitää onnistua työhanskat kädessä. Kirjauksia suorittavien henkilöiden kannattaa ottaa siihen soveltuvat laitteet koekäyttöön ennen niiden hankkimista.

Kun nämä määrittelyt ja selvitykset on saatu tehtyä, niin kirjaaminen ohjeistetaan ja käydään läpi eri vaiheiden kanssa. Tämän jälkeen mittatietojen kirjaamisen testaus voidaan aloittaa. Testauksessa kappale kulkee kaikki tuotantovaiheet läpi, ja niissä tehdään tarvittavat kirjaukset. Testikannassa myös raportointimäärittelyt ja tulostamisen toimiminen testataan.

Onnistuneen testin jälkeen tehdään ohjelman määrittelyjen siirto tuotantokantaan ja aloitetaan uudenlainen toiminta.

5.5 Mittatietojen kirjausvaiheet

Kappaleiden valmiiden kohtien mittaaminen on aina järkevää suorittaa vasta muodonmuutoksia kappaleeseen aiheuttavan karkaisuvaiheen ja kappaleelle mahdollisesti tehtävien viimeistelyvaiheiden jälkeen, kun kappaleet ovat lopullisissa mitoissa.

Tämä ajatus on ollut lähtökohtana tässä työssä valmiiden kohtien mittaus- ja kirjaamisvaiheiden määrittämisessä. Selvityksessä on käyty läpi tuoteryhmien tuotantovaiheita ja tuoteryhmiin kuuluvien eri kappaleiden mittatarkastuspöytäkirjoja sekä perusteltu, mihin tuotantovaiheeseen mittatiedon kirjaaminen parhaiten sopisi. Selvityksen perusteella on muodostettu tuotenimikkeille tuoteryhmäkohtaiset mittausvaiheiden taulukot, jotka on esitetty luvussa 5.6 ehdotuksessa yksi.

Sulatus- ja valunumeron kirjaaminen toiminnanohjausjärjestelmään kappalekohtaisesti kannattaa tehdä heti kappaleen ensimmäisen työvaiheen aluksi. Silloin numero on tallennettuna ja aina yksiselitteisesti kohdennettu oikealle kappaleelle.

Karkaisun jälkeen tehtävä karkaisukohdan kovuusmittaus kannattaa tehdä karkaisupintojen viimeistelyvaiheen jälkeen tarkastuspisteellä. Silloin kappaleen pinnasta mitattu kovuusmitta indikoi kappaleeseen jäänyttä pintakovuutta, koska kappaleen pinta on viimeistelty.

Karkaisuprosessia kannattaa seurata myös pistokokeilla. Niitä voidaan tehdä mittaamalla kovuuksia ennen viimeistelyvaiheita tai heti viimeistelyvaiheen jälkeen, jolloin kappaleista kirjattavia kovuustuloksia voidaan hyödyntää myös raportoinnissa.

5.6 Ehdotus 1: Uudet mittojen kirjausvaiheet tuoteryhmittäin

Tuotenimikohtaisesti on määritelty eri valmistus- ja tarkastusvaiheita, joissa halutaan kirjattavan mittatietoa. Tämä toimintatapa mahdollistaa joidenkin karkaisuvaiheiden jälkeisten valmistusprosessien seuraamisen.

Tuoteryhmille on tässä työssä kuvattu omat tuotantoprosessit. Niiden avulla esitetään mahdollisuus kerätä kappaleesta mittatietoa valmistus- ja tarkastusvaiheista. Taulukoissa 2 - 4 on esitetty pystysarakkeella eri tuotantovaiheet ja vaakarivillä tuotenimi tai sen osa. Tuotenimi koostuu samankaltaisista tuotteista, joissa eroavaisuuksia voi olla esimerkiksi materiaali, mitat tai hammastukseen liittyvät asiat. Tuotenimistä mitataan kuitenkin keskenään vastaavia kohtia, jolloin niitä voidaan vaihemäärittelyssä käsitellä omina ryhminään.

5.6.1 Hammaspyörät ja hammaskehät

Kuvassa viisi sivulla 31 on esitetty hammaspyörien ja hammaskehien tuotantoprosessit. Kuvasta nähdään, että karkaisuvaiheen jälkeen kappaleille tehdään vielä erilaisia hiontoja tai sorvauksia.

Hammashiontakoneella tehtävissä mittauksissa loppudokumentaatioissa tarvittavat hammasvälimitat kannattaa kirjata kyseisessä vaiheessa. Silloin ne ovat valmiina sähköisessä muodossa, ja kaikkien niitä tarvitsevien hyödynnettävissä myöhemmin. Tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkastuspisteellä tehtävissä pistokoemaisissa tarkastuksissa.

Näin voidaan toimia myös reikähiontavaiheessa ja viimeistelysorvausvaiheessa. Vastapyörästä voidaan silloin mitata reiän halkaisija ja hammaskehistä tarvittavat ohjaushalkaisijat.

Taulukossa kaksi on esitettynä nykyisten kirjattavien mittatietojen uudet mittaus- ja kirjausvaiheet hammaspyörille ja hammaskehille.

x= mittaus ja kirjaus	*= jos tehdään	**=tietokone käytettävissä		
Vaihe	Vastapyörä	Valupyörä	Levyppyörä	Hammaskehä
Rouhintajajärsintä	Sulatusnumero	Sulatus + valunumero	Sulatusnumero, Reiän halkaisija	Sulatusnumero
Karkaisu **				
Kiilauran teko	x	x	x*	
Reikähionta	Reiän halkaisija			
Hammas-hionta **		Hammasvälimitta		
Viimeistelysorvaus **				Ohjaushalkaisijat
Tarkastuspiste	Hammasvälimitta	Reiän halkaisija	Hammasvälimitta	Hammasvälimitta

Taulukko 2. Hammaspyörien ja hammaskehien mittatietojen uudet kirjausvaiheet

Kiilauran tekovaiheen jälkeen tekijä tarkastaa vastapyörän, valupyörän ja joskus myös levypyörän osalta uran tulkin avulla. Tehty tarkastus pitää silloin kirjata suoritetuksi. Tarvittaessa uran leveyden ja korkeuden voi mitata ja tuloksen kirjata.

5.6.2 Hammasakselit

Tuotannossa valmistettavien hammasakselien eri tuotantovaiheet on esitetty liitteessä kaksi. Siitä nähdään, että kaikki valmistettavat hammasakselimallit kulkevat tuotannossa pyöröhiontavaiheen kautta. Taulukossa kolme on esitettynä nykyisten kirjattavien mittatietojen uudet mittaus- ja kirjausvaiheet hammasakseleille.

x= mittaus ja kirjaus	*= jos tehdään	**=tietokone käytettävissä		
		KMK	KMK	
Vaihe	Hiilletys-karkaistava	1. akseli	2. akseli	3. akseli
Rouhintajärsintä	Sulatusnumero	Sulatusnumero	Sulatusnumero	Sulatusnumero
Karkaisu **				
Kiilauran teko		x		
Eri sorvaus- ja porausvaiheet **	Uran mittaus			
Pyöröhionta	Halkaisijamitat	Halkaisijamitat	Halkaisijamitat	Halkaisijamitat
Hammas-hionta **	Hammasvälimitta			Hammasvälimitta
Vierintäpiste **				
KMK **		Hammasvälimitta	Hammasvälimitta	
Tarkastuspiste				

Taulukko 3. Hammasakselien mittatietojen uudet kirjausvaiheet

Pyöröhionnan jälkeen akselien hiotut kaulat mitataan. Tässä vaiheessa saadut mittatulokset kirjataan ylös kaikista hammasakseleista. Sen jälkeen akselit yksi ja kaksi menevät koordinaattimittauskoneelle hammastuksen mittaukseen. Niistä mitataan myös hammasvälimitat, jotka kirjataan.

Hiilletyskarkaistavan akselin ja hammasakselin kolme hammastus tiedot mitataan hammashiontakoneella.

5.6.3 Hammaskytkimet

Liitteessä kolme on esitetty hammaskytkimien tuotantovaiheet. Hammaskytkimet koostuvat ulko- ja sisäosista, ja osia voi olla kaksi tai kolme kappaletta. Kolmen osan kytkimessä on kaksi ulko-osaa ja yksi sisäosa.

Hammaskytkimien karkaisumenetelminä käytetään induktiokarkaisua tai nitrausta. Kuvasta nähdään, että karkaisuvaiheen jälkeen kappaleet jatkavat tuotannossa vielä muihin koneistus- ja viimeistelyvaiheisiin.

Kytkimen ulko-osien tarvittavat halkaisijamitat kannattaa mitata reikähiontavaiheessa. Sisäosasta mitattavat halkaisijamitat kannattaa mitata pyöröhiontavaiheessa.

Taulukossa neljä on esitettynä uudet mittaus- ja kirjausvaiheet hammaskytkimille.

x= mittaus ja kirjaus	*= seuranta, tarkastus tai koneistaja	**=tieto-kone käytettä-vissä		
Vaihe	Nitrus, Ulko-osa	Induktio-karkaisu, Ulko-osa	Nitrus, Sisäosa	Induktio-karkaisu, Sisäosa
Rouhintajajärsintä	Sulatus-numero	Sulatus-numero	Sulatus-numero	Sulatus-numero
Vierintäpiste **	Hammasvälimitta*	Hammasvälimitta*	Hammasvälimitta*	Hammasvälimitta*
Karkaisu **	Kovuus	Kovuus*	Kovuus	Kovuus*
Eri sorvaus- ja porausvaiheet **				
Reikähionta	Halkaisijamitat	Halkaisijamitat		
Pyöröhionta			Halkaisijamitat	Halkaisijamitat
Tarkastuspiste	Hammasvälimitta, kovuus*	Hammasvälimitta, kovuus	Hammasvälimitta, kovuus*	Hammasvälimitta, kovuus

Taulukko 4. Hammaskytkimien mittatietojen uudet kirjausvaiheet

Valmistuksen hammasjyrsintä- ja vierintäpistovaiheissa kannattaa seurata hammastuksen hammasvälimittaa, koska mittausten avulla voidaan selvittää muodonmuutoksia, jotka aiheutuvat karkaisuvaiheista. Näin saatavilla tiedoilla voidaan valmistustoleransseja saada pienennettyä aiemmassa työstövaiheessa.

Alihankinnassa kappaleille tehdystä nitrauskäsittelystä kannattaa tarkastuspisteellä pistokokein suorittaa kovuusarvojen seuranta ja verrata tuloksia ilmoitettuihin arvoihin.

5.6.4 Kääntökehät, irrotuskytkimet, sakarakytkimet ja välilaitat

Liitteessä neljä on esitetty useimpien eri tuoteryhmien tuotantovaiheet. Kääntökehät koostuvat ulko- ja sisäosista. Nämä osat liitetään toisiinsa kokoonpanovaiheessa.

Koneistuskeskuksilla mitataan kääntökehien ohjaushalkaisijoita ja kokoonpanossa muutamia välysmittoja. Näiden mittausten suoritushetkeä ei muuteta, koska kappaleiden mittaukset tehdään koneellisesti ja kokoonpanon mittaukset siinä yhteydessä.

Irrotuskytkimen osista kirjataan numerosarjat ja sulatusnumerot heti ensimmäisessä työvaiheessa. Halkaisijamitat kirjataan viimeistelysorvausvaiheessa.

Sakarakytkimistä tarkastuspisteellä kappaleesta tarkastetaan kiilaurien koko käyttäen kiilauratulkkia. Näistä tarkastuksista kirjataan suoritusero. Viimeistelysorvausvaiheessa kappaleesta kirjataan halkaisijamitat.

5.7 Ehdotus 2: Muita mahdollisia mittaus- ja kirjauskohtia

Kappaleista voidaan kerätä myös muita mittatietoja kuin tässä työssä on esitetty. Piirustuksissa esitettyjen kaikkien mittojen kerääminen vaatii mittapaikkojen luomisen käytettävään järjestelmään, mikä lisää paljon kirjaustyötä. Tämän vuoksi kannattaa kerätä vain sellaista mittatietoa, jota voidaan ajatella hyödynnettävän jollain tavalla. Tämä vaatii tuotenimikekohtaisen piirustuksen läpikäynnin yhteistyössä suunnittelun ja tuotannon kanssa.

Alihankintatoiminnassa ei välttämättä tiedetä täysin yksittäisen kappaleen kaikkia kohtia, jotka voivat käytössä vaurioitua, esimerkiksi kappaleessa olevan toleroidun mitan tärkeyttä. Jos vaurion sattuessa kyseisen kohdan mittatietoa ei ole kirjattu, niin sitä ei voida verrata vastaaviin kappaleisiin. Silloin ei voida poissulkea sitä, onko kyseisen kohdan ”vällys” ollut liian iso.

Tuotantotoimintoja on usein tarve saada tehokkaammaksi. Tehokkuutta voidaan joskus lisätä esimerkiksi jättämällä pienempiä työvaroja kappaleisiin. Silloin koneistuksessa aineen poistaminen kappaleista vie vähemmän aikaa ja materiaalihukka on pienempi.

Tuotannossa on tarve tietää prosessien välillä kappaleilta vaadittavia toleransseja. Jos kappaleiden prosessien väliset mitat kirjataan, niin on mahdollisuus optimoida prosessien välillä kappaleilta vaaditut mitat. Tällaista ajattelutapaa voi hyödyntää esimerkiksi vierintäpiston kohdalla niin, että seurataan kappaleen halkaisijamittaa ennen kuin hammastus tehdään.

5.8 Ratkaisumallin toteutus

Mittatiedon hyödyntäminen TG:llä toteutetaan suoraan Lean System -tietokannasta erilaisilla tiedon hauilla. Toimintorakenteessa ei hyödynnetä erillistä tietovarastoa ja sen mahdollistamia ominaisuuksia. Yrityksen kokonaisvaltainen tiedon hallinta ja tietovaraston suunnitteleminen ei myöskään ollut tämän työn tavoitteena. Muita syitä on mm. se, että yritys kuuluu kooltaan Suomessa toimiviin pk-yrityksiin, ja sillä on vain yksi toimipaikka ja käytössä on vain yksi ERP-järjestelmä. Lisäksi Lean System-järjestelmää on haluttu hyödyntää mittatiedon hallinnassa, ja tässä esitetty toimintatapa soveltuu hyvin tämän kokoluokan yrityksen käyttöön.

Pienen organisaation ja sen rajallisten resurssien vuoksi valitun ratkaisumallin toteuttaminen on järkevää aloittaa pienin askelin. Määrittelyiden tekeminen ja seurantatieto-ominaisuuksien käyttöönotto voidaan tehdä joustavasti pidemmällä aikavälillä tuotenimikekohtaisesti.

Uuden toimintatavan aloittamiseksi valittiin kolme erilaisella tavalla ohjautuvaa tuotenimikettä. Valitut tuotenimikkeet ovat tilaus- tai varasto-ohjautuvia sekä mukana on myös yksi kokoonpantava tuote. Tuotteina ovat hammasakseli, hammaskytkin ja kääntölaakeri.

Toiminnanohjausjärjestelmän tuotantotietokantaan on aloitettu tekemään tarvittavia seurantatietomäärittelyjä valituille tuotenimikkeille. Samalla on hankittu koekäyttöön tabletti, jota voidaan testata käytännössä. Testissä painotetaan laitteen kirjausominaisuuksia todellisessa tuotantoympäristössä.

5.9 Jatkokehitys

Työn aikana tuli selkeästi esille että koordinaattimittauskoneen mahdollisuuksia mittauksissa ja tulosten kirjauksessa ei hyödynnetä riittävästi. Esimerkiksi asiakasvaatimuksesta KMK:lla suoritettava hammaspyörien hammastuksen mittauksen lisäksi kappaleista voidaan mitata myös muut vaaditut kohdat. KMK:n mittausohjelmasta saadut mittatiedot käyttäjä voi siirtää käsin verkossa olevalla tietokoneella toiminnanohjausjärjestelmään.

KMK:n mittausohjelmasta mittatiedot saadaan myös siirrettyä Excel-tiedostoon numeeriseen muotoon. Jos tietokone on liitetty yrityksen sisäiseen verkkoon,

tiedostoista voidaan käydä sisään lukemassa mittatiedot toiminnanohjausjärjestelmään, eikä niitä tarvitse syöttää sinne käsin.

Myös hiontakoneiden osalta mittaustulosten tulostustapa vaatii vielä kehittämistä paperisesta tulosteesta sähköiseksi. Tulostuksesta aiheutuvia riskejä voidaan pienentää huomattavasti, kun koneisiin voidaan liittää paperitulostimen paikalle tietokone. Keskusteluiden perusteella tällainen muutos olisi mahdollista toteuttaa. Toteutustapa ja siihen liittyvät tarvittavat muutokset kannattaa selvittää hyvissä ajoin ennen koneiden vuosihuoltoa. Isomman huollon yhteydessä kyseisen muutoksen toteuttaminen ei luultavasti lisää merkittävästi tuotantoajan menetystä.

Mittaustulosten hyödyntämistä toiminnan seurannassa kannattaa alkaa selvittämään heti, kun tuotenimikkeistä saadaan mittatiedot tallennettua ERP:iin. Ensimmäiseksi mittatiedoista voidaan muodostaa histogrammit esimerkiksi valitun hammasakselin halkaisijamitoista. Asettamalla toleranssirajat histogrammeihin, nähdään suoraan täytyvätkö vaatimukset vai tarvitseeko prosessin vaihteluun puuttua jollakin tavalla. Kun tuotenimikkeitä seurataan ja havaitaan poikkeama niin, työstämällä testikappale, voidaan varmistaa, että koneessa ei ole vikaa.

Työstökoneiden tarkkuudet muuttuvat, kun ne ikääntyvät. Vain kappalemittauksia suorittamalla ei voida tietää koneen tarkkuuksia. Muutoksia kannattaa seurata ja laatia erillinen konekohtainen suunnitelma siitä, mitä muutoksia halutaan selvittää, eli mitä mitataan ja mikä on mittausten suoritusväli.

Kannattaa myös harkita kaikille dokumenteille soveltuvaa hallintaohjelmaa, jonka avulla dokumenttien luominen ja revisiohallinta voidaan toteuttaa. Hallintaohjelman avulla tieto löytyy nopeasti, ja se on kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla. Ohjelman revisiohallinnan avulla käyttäjät tietävät, että heillä on käytössään aina viimeisin käytettävissä oleva tieto. Myös dokumentoinnin arkistointi sähköiseen muotoon kannattaa huomioida järjestelmää valittaessa.

Laadusta aiheutuvien kustannusten käsitettä ja seurannan laajentamista koko toimintaan kannattaisi alkaa toteuttamaan. Kun toimintaa seurataan ja yrityksen koko henkilöstö on laadun kehittämisessä mukana, voidaan toimintaa oikeasti parantaa. Seurannan avulla saadaan selkeä kokonaiskuva tämänhetkisistä kustannuksista. Sen avulla voidaan mitata laadun valvonnan tuloksia jatkossa.

6. YHTEENVETO

Takoma Gears Oy:llä koneistajat seuraavat omaa työtänsä mittaamalla kappaleita. Mittaustiedon kerääminen on kuitenkin ollut pääsääntöisesti tarkastuspisteen vastuulla. Tarkastuspisteellä on tarkastettu kaikki kappaleet ja kirjattu paperisille lomakkeille loppudokumentaatioissa tarvittavat tiedot ja mittaustulokset. Näistä lomakkeista kirjaukset on siirretty käsityönä Excel-muotoisille pöytäkirjoille.

Työni ratkaisumallien avulla päästään eroon mittaustulosten kahdenkertaisesta kirjaamisesta, kun valmiiden kohtien mittaustulokset kirjataan heti sähköiseen muotoon. Työssä esitetyn ratkaisumallin kaksi avulla mittaustulosten hyödyntäminen toiminnan seurannassa vaatii vähemmän käsityötä kuin ratkaisumallissa yksi. Takoma Gears Oy:llä saadaan kaikki halutut mittaustulokset sellaiseen sähköiseen muotoon, joista on mahdollisuus muodostaa analyyseja valmistuksen tilanteesta.

Työssä valitun ratkaisumallin kaksi toteuttaminen on aloitettu kolmen tuotenimikkeen osalta. Valittua ratkaisumallia on mahdollisuus toteuttaa joustavasti, eikä sen käyttöönoton tarvitse tapahtua samaan aikaan kaikkien tuotenimikkeiden osalta. Seurantatietosettejä voidaan lisätä järjestelmään tarpeen mukaan esimerkiksi silloin, kun uusi tilaus on saatu.

Dokumenttien muodostaminen on mahdollista suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä, ja ne ovat sähköisessä muodossa. Tarkastuspöytäkirjojen tulostaminen sähköiseen muotoon on mahdollista saada yksinkertaisesti vain valitsemalla sarjanumerotaulukosta kappaleet ja painamalla ohjelmassa ”tulosta” kuvaketta.

Kappaleiden tarkastustilanne nähdään suoraan järjestelmästä, ja näin voidaan välttyä tilanteelta, että joidenkin tuotteiden tarkastukset ovat suorittamatta. MT-tarkastaja tekee yhdellä työtilauksella tai työtunnuksella olevien kappaleiden tarkastukset ja kirjaa heti sen jälkeen järjestelmään tekemänsä tarkastukset suoritetuiksi yhtä aikaa tarkastustulosten kanssa.

Toiminnanohjausjärjestelmässä työtunnukselle tai työtilaukselle on mahdollista linkittää erilaisia sähköisessä muodossa olevia dokumentteja. Liitetyt dokumentit pysyvät kappalekohtaisesti mukana järjestelmässä, eikä dokumentteja tarvitse enää kopioida tai tulostaa uudestaan eikä säilyttää välillä kansioissa.

Mittatiedon hyödyntäminen toiminnan seurannassa kannattaa ottaa yhdeksi toiminnan kehittämiskohteeksi jatkossa. Siihen on työni luvussa kolme ja viisi kuvattu toimintatapa ja vaiheet tarvittaviin selvityksiin. Selvityksissä tullaan tarvitsemaan tietoja

virheiden kustannuksista ja tyypistä. Myös toiminnanohjausjärjestelmästä saatavia mittatietoja voidaan hyödyntää selvityksien teossa ja toiminnassa.

Työssäni esitetyn mallin ja ehdotusten toteuttamisen avulla sekä jatkokehityksen huomioiden on TG:llä paremmat mahdollisuudet ennaltaehkäistä tuotannossa syntyviä virheitä ja saada asiat tehtyä ensimmäisellä kerralla oikein. Näin on mahdollista säästää rahaa ja saada kilpailuetua pysyvästi paremman toiminnan ja tasalaatuisten tuotteiden valmistajana.

Työlleni asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa hyvin, koska työssä on luotu toimintamalli mittaustiedon keräämiseen ja sen hyödyntämiseen raportoinnissa. Työssä on myös kerrottu toimintatapaperiaatteet toiminnan seuraamiseksi, jota voidaan osittain suorittaa mittatietoja hyödyntämällä. Lisäksi työssä käsiteltiin muita tuotannossa kirjattavia tietoja ja niiden hallintaa toiminnanohjausjärjestelmässä. Työssä käsiteltiin osaltaan myös dokumenttien työaikaista hallintaa niin, että niiden hallinta on mahdollista toteuttaa helpommin ja vähemmän aikaa vievänä toimintona.

LÄHTEET

Alaterä, A. Halttunen, K. Tiedonhaun perusteet, Tampereen yliopiston täydennyskoulutuskeskus ja Otavan Opisto/Internetix, Helsinki. 2002. 144 s.

Anttila, J. Dokumenttien hallinta, Oy Edita Ab, Helsinki. 2001. 204 s.

Barkhausen: Stresstech group, verkkosivu Saatavissa (viitattu 19.01.2015):
<http://www.stresstechgroup.com/content/en/1034/1113/Barkhausen%20Noise%20Analysis.html>

Crosby, P. B. Laatu on ilmaista, Suomen Laatu yhdistys ry, Helsinki, 1986. 316 s.

Davenport, T. H. Harris, J. G. Analysoi ja voita – kilpailun uusi tiede, Talentum, Helsinki. 2007. 253 s.

DeFeo, J. A. The Tip of the Iceberg, 2001. pp. 29-37. Saatavissa (viitattu 03.03.2015):
<http://asq.org/qic/display-item/?item=14608>

Heir, B. Juneja, E. Kalilainen, T. Karhusaari, W. Nylander, T. Rasimus, T. Digitaalinen tarjontaketju – Tavara- ja tietovirrat uudessa taloudessa, WSOY, Helsinki. 2000. 223 s.

Hovi, A. Hervonen, H. Koistinen, H. Tietovarastot ja Business Intelligence, WSOY, Porvoo. 2009. 196 s.

Juran, J. M. Gryna, F. M. Quality planning and analysis, Singapore. 3rd ed. 1993. 634 p.

Järnefeld, G. Tuoteprosessien tilastollinen valvonta – SPC, Metalliteollisuuden Kustannus Oy, Helsinki. 1990. 94 s.

Järviö, J. Lehtiö, T. Kunnossapito- tuotanto-omaisuuden hoitaminen, KP-Media Oy, Helsinki. 2012. 288 s.

Kaario, K. Peltola, T. Tiedonhallinta – Avain tietotyön tuottavuuteen, WSOY, Jyväskylä. 2008. 164 s.

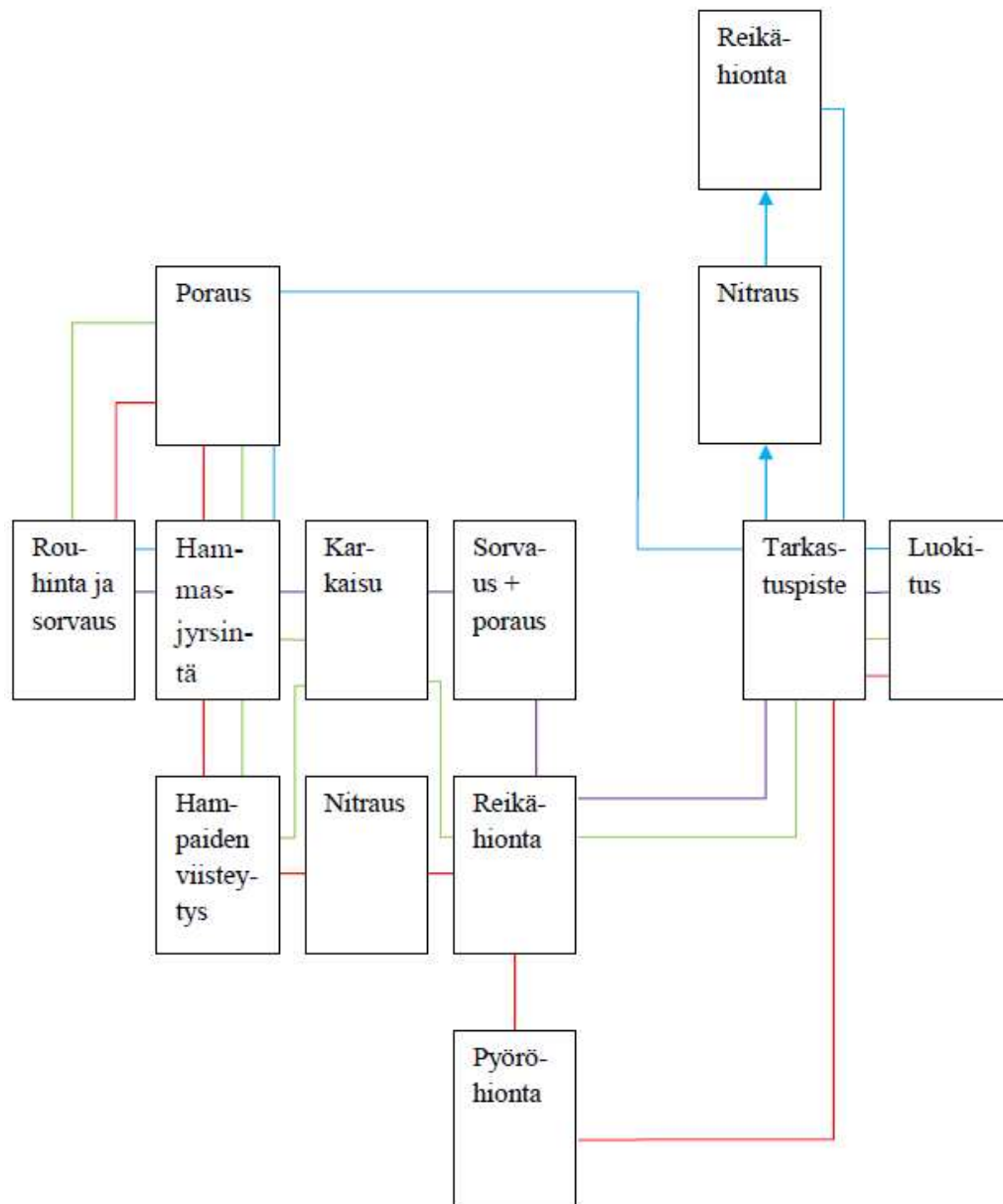
Kume, H. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät, Metalliteollisuuden Kustannus Oy, Helsinki. 1998. 227 s.

Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. = Quality management system. Requirements. SFS-EN ISO 9001, Suomen standardisoimisliitto, Helsinki. 2008. 69 s.

Liker, J. K. The Toyota Way, McGraw-Hill, New York. 2004. 330 p.

- Lumijärvi, I. Jylhäsaari, J. Laatujohtaminen ja julkinen sektori, Gaudeamus Oy, Helsinki. 1999. 262 s.
- Otala, L. Pöysti, K. Kilpailukyky 2.0, Kauppakamari, Helsinki. 2012. 262 s.
- Peltonen, T. Johtaminen ja organisointi, KY-Palvelu Oy, Keuruu. 2007. 223 s.
- Pouri, R. Businesslogistiikka, Suomen Logistiikkayhdistys ry. WSOY Graafiset laitokset. 1997. 288 s.
- Salo, I. Big data – tiedon vallankumous, Docendo Oy, Jyväskylä. 2013. 147 s.
- Salomäki, R. Suorituskykyiset prosessit - Hyödynnä SPC, Metalliteollisuuden keskusliitto, MET. Metalliteollisuuden Kustannus Oy, MET-julkaisuja nro 9/1999, 2.uudistettu painos. Tampere. 2003. 424 s.
- Shingo, S. Japanilainen tuotantoajattelu, Metalliteollisuuden kustannus Oy, Helsinki. 1984. 91 s.
- Silén, T. Johtamisen ja strategisen ajattelun näkökulmia, Yliopistopaino Kustannus, Helsinki. 2006. 194 s.
- Silén, T. Laatujohtaminen – Menetelmiä kilpailukyvyn vahvistamiseksi, WSOY, Porvoo. 1998. 157 s.
- Ståhle, P. Grönroos, M. Knowledge management – tietopääoma yrityksen kilpailutekijänä, WSOY, Porvoo. 1999. 218 s.
- Sääksvuori, A. Immonen, A. Tuotetiedonhallinta – PDM, Talentum Media Oy, Helsinki. 2002. 197 s.
- Toimintajärjestelmän kuvaus, versio 2,0. Takoma Gears Oy, Parkano. 2013. 14 s.
- Tuominen, K. Lean käytännössä, A Bonnier Group Company, Readme, Helsinki. 2010. 303 s.
- Tuominen, K. Lahti, S. Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen, A Bonnier Group Company, Readme, Helsinki. 2010. 144 s.
- Womac, J. P. Jones, D. T. Roos, D. The machine that changed the world, Rawson Associates, New York. 1990. 323 p.

LIITE3: HAMMASKYTKIMIEN TUOTANTOVAIHEET



Hammaskytkin

1. ulko-osa

- nitraus
- induktiokarkaistava

2. sisäosa

- nitraus
- induktiokarkaistava

LIITE 4: KÄÄNTÖKEHIEN, KYTKIMIEN JA LAIPPOJEN TUOTANTOVAIHEET

